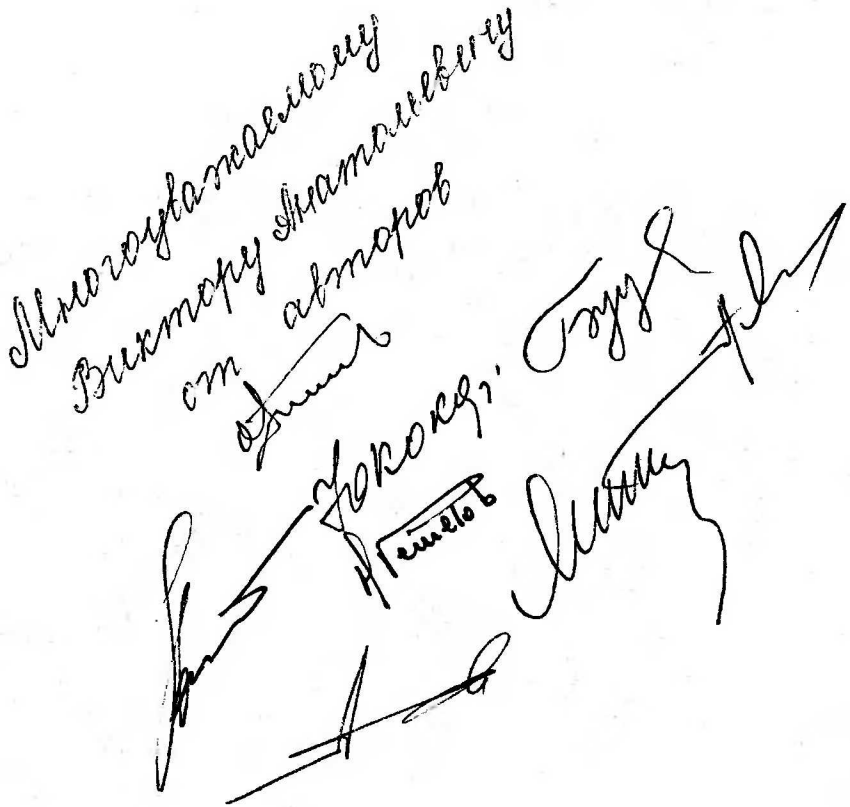



# АТЛАС КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Под редакцией д-ра техн. наук проф. О. Ф. ТИЩЕНКО

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов приборостроительных специальностей вузов

МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1982

К 34.9я7
А92
ЦК 681.1 (075.8) (084.42)

А. А. Буцев, А. И. Еремеев, Ю. А. Кокорев,
А. Н. Котов, А. Г. Лепин, В. И. Матвеев,
Н. Л. Решетов, О. Ф. Тищенко, А. В. Якименко

Рецензенты: кафедра «Детали машин и приборов» Московского института электронного машиностроения (зав. кафедрой д-р техн. наук проф. **Н. А. Спицин**) и **С. И. Варвянский**

А92 Атлас конструкций элементов приборных устройств: Учеб. пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов/А. А. Буцев, А. И. Еремеев, Ю. И. Кокорев и др.: Под ред. О. Ф. Тищенко. — Машиностроение, 1982. — 116 с., ил.

2 р. 10 к.

Содержит чертежи механических и электромеханических приборных устройств, применяемых в самых разнообразных приборах. Даны общие указания по курсовому проектированию и рекомендации по выбору и компоновке наиболее распространенных конструкций узлов, механизмов и отдельных элементов, а также изложены требования, предъявляемые к чертежам ГОСТами ЕСКД.

А $\frac{2706000000\text{-}255}{038(01)\text{-}82}$ 255-82

ББК 34.9я7
6П5.8

© Издательство «Машиностроение», 1982 г.

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Атлас конструкций Элементов приборных устройств является пособием для выполнения курсовых проектов по курсам «Элементы приборных устройств», «Детали приборов», «Расчет и конструирование точных механизмов» и т. п. студентами приборостроительных специальностей высших учебных заведений.

Атлас содержит варианты конструкций элемеитов, изучаемых в упомянутых курсах, краткое их описание и примеры применения в сочетании с другими элементами.

В атласе приведены общие виды типовых механизмов илн их сборочные чертежи, что позволяет студенту оценить общую компоновку проектируемого устройства.

Большое внимание уделено технологичности элементов (деталей) и их сборок, а также регулировочным устройствам в конструкциях.

В ряде случаев авторы сочли необходимым привести кинематические или конструктивные схемы устройств, наименее освещенные в имеющейся литературе, а также необходимые справочные материалы, отражающие новые стандарты (стандарты СЭВ) по взаимозаменяемости типовых элементов приборных устройств. В атласе представлены материалы по проектированию и подбору типовых электроэлементов (микроэлектродвигатели, потенциометры, электроконтакты и др.), широко применяемых в современном приборостроении.

При подборе матернала атласа авторы учли основные из тех затруднений студентов при конструировании приборных устройств, которые встречались в их практике, например, вопросы установки и крепления электрических двигателей разлнчных серий, потенциометров и др.

Следует учитывать, что сведения о приводимых конструкциях рассчитаны на подготовленного студента. При необходимости пополнить их следует пользоваться учебным пособием «Элементы приборных устройств» под ред. Тищенко О. Ф, ч. 1 и 2, М.: Высшая школа, 1978 г.

# 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

**Лист 1.** Проектирование приборного устройства начинают с разработки его кинематической схемы. На листе приведены условные графические изображения элементов приборных устройств (ГОСТ 2.770—68) для построения кинематических схем в ортогоиальной проекции.

**Лист 2.** На листе приведены условные графические изображения элементов приборных устройств (ГОСТ 2.770—68) для построения схем в аксонометрической проекции и примеры оформления кинематических схем: привода лентопротяжного механизма (рис. 1), электросекуидомера (рис. 2) и механизма настройки радиоэлектронного устройства с гибкой связью (рис. 3).

# 2. СОЕДИНЕНИЯ

**Лист 3.** Основные типы и примеры использования крепежных винтов показаны на рис. 1, *а—л*, невыпадающих винтов различных конструкций — на рис. 2, установочных винтов — на рис. 3.

На рис. 4 показаны примеры иснользоваиия крепежных гаек различных конструкций: формы и размеры шестнгранных гаек нормальной (ГОСТ 5915—70) и повышенной (ГОСТ 5927—70) точностн (рис. 4, *а*); пример использования шестигранной гайки (рис. 4, *б*); применение гайки уменьшенной высоты по ГОСТ 5916—70 или ГОСТ 5929—70 для крепления на щитах управления тумблеров (рис. 4, *в*); использование накидной шестнгранной гайки в иппельных соединениях и сальниковых устройствах (рис. 4, *г*); колпачковые гайки с глухим резьбовым отверстием (рис. 4, *д*); круглые гайки с накаткой для отвинчивания и навинчивания от руки по ГОСТ 14726—69 (рис. 4, *е*); круглая гайка со шлицем по ГОСТ 10657—73 (рис. 4, *ж*); круглая гайка с четырьмя боковыми шлицами (рнс. 4, *и*) или отверстиями по ГОСТ 8381—73 (рис. 4, *к*); круглая гайка с торцовыми отверстиями по ГОСТ 6393—73 (рис. 4, *л*); гайка-барашек по ГОСТ 3032—76 (рис. 4, *м*).

На рис. 5—8 показаны резьбовые соединения, в которых самоотвинчиваиие предотвращается за счет:

создания повышенного трения в резьбе с помощью контргайки (рис. 5, *а*); стягивающего винта (рис. 5, *б*); вкладыша из мягкого материала (рис. 5, *в*); завальцованного пластмассового кольца (рис. 5, *г*);

упругих свойств дополнительных деталей: винтовой цилиндрической пружины (рнс. 6, *а*); разрезиой пружинной шайбы по ГОСТ 6402—70 (рис. 6, *б*); фасонной шайбы с наружными или внутренними зубьями (рис. 6, *в*); упругой фасонной шайбой (рис. 6, *г*);

пластической деформацни дополнительных деталей: шайбы с двумя лапками, одну из которых отгибают по краю детали, а вторую — на грань гайки (рис. 7, *а*); стопорной шайбы с наружным концом (ГОСТ 11872—73) (рис. 7, *б*); стопорной шайбы с усиками (рис. 7, *в*);

использования связующих веществ (лаков, красок, жидких пластмасс) или соединения наглухо (сваркой, пайкой, кернением и т. п.) (рис. 8, *а*, *б*).

**Лист 4.** Показаны штифтовые, шпоночные и байонетные соединения.

Типы штифтов, применяемых в приборостроении, и соответствующие стандарты, приведены на рис. 1, *а—л*.

На рис. 2 даны типовые соединнения деталей цилиндрическими штифтами: по плоскости, что необходимо при многократной сборке и разборке (рнс. 2, *а*); по цилиндру для соединения вала со ступицей детали, насаженной на него (рис. 2, *б*). Пружинное кольцо предохраняет штифт от выпадения при вибрациях, толчках и ударах.

На рис. 3 показаны примеры использования конических штифтов для соединиения деталей: по плоскости (рис. 3, *а*); по цилиндру с пружиинымн кольцами (рис. 3, *б*); разводным коническим штифтом (рис. 3, *в*); коническими штифтами с внутренним резьбовым отверстием; коническими штифтами с резьбовой цапфой (рис. 3, *г*); резьба используется для удаления штифта при разборке соединения. Примеры применения насечных штифтов даны на рис. 4, *а*, *б*, *в*, пружииного штифта — на рис. 5. Штифты, запрессоваиные в обод колеса, как это показано на рис. 6, служат зубцами для отверстий перфорации пленки, ленты и т. п.

На рис. 7 даны основные типы шпоиок, применяемых в приборостроеиии.

На рис. 8 показаны примеры примеиения шпонок: обыкновенных призматических для неподвижного соединеиия деталей (рис. 8, *а*); сегментных для неподвижного соединения (рис. 8, *б*); направляющих призматических для подвижного соедииения деталей (рис. 8, *в*); скользящей шпонки с цилиндрической головкой (рис. 8, *г*); скользящей с двумя выступами по краям (рис. 8, *д*); цилиндрических (шпонок-штифтов) для неподвижного соединения (рис. 8, *е*).

На рис. 9 представлены примеры типовых байонетных соединений: со штифтом, где прочность соединения обеспечивается за счет сил трения, для чего в охватывающей цилиндрической детали, изготовленной из упругого материала, предусматривают прорезь (рис. 9, *а*); с затяжкой с помощью клина ($\alpha = 3—5°$), что предохраняет детали от саморазъедииения (рис. 9, *б*); с применением пружинных защелок, что обеспечивает надежиое соединение деталей (рис. 9, *в*); с использованием мелкой резьбы, нарезаемой на секторах соединяемых деталей, которые поворачивают относительно друг друга на угол 40—60° (рис. 9, *г*); при помощи винтов, которые часто используются для соединения деталей по плоскостям, при этом в прорези выполиено отверстие для прохождения головки винта, что обеспечивает быструю сборку и разборку соедииения (рис. 9, *д*).

**Лист 5.** На рис. 1 показаны элемеиты соедииеиия пружинными кольцами: запорными (рис. 1, *а*) шайбами установочными (шиберами) (рис. 1, *б*); внутрениими концентрическими (рис. 1, *в*); внутренними эксцентрическими (рис. 1, *г*); наружными концентрическими (рис. 1, *д*); наружными эксцентрическими (рнс. 1, *е*).

На рис. 2 показаны типовые примеры соединений заформовкой металлических деталей в металл при круглой и стержневой арматуре (рис. 2, *а—в*); металлических деталей в пластмассы (рис. 2, *г—е*); металлических деталей в резину (рис. 2, *ж*); металлических деталей в стекло (рис. 2, *и*, *к*).

Схемы и примеры соединений развальцовкой и завальцовкой показаны на рис. 3, *а—г* и 4, *а—д* соответственно.

На рис. 5 представлены схема и примеры конструкций соединений запрессовкой по гладким поверхностям; схема соединения (рис. 5, *а*); деталь с упорным буртиком (рис. 5, *б*, *д*); гладкая деталь с упором на торец (рис. 5, *в*); соединенне заподлицо (рнс. 5, *г*); размеры $l_{min}$ и $d$ указаны на графике.

На рис. 6 показаны соединения запрессовкой, неподвижность которых осуществляется рифлением (накаткой) поверхности вала; схема соединения (рис. 6, *а*); способы увеличения прочности соединения при запрессовке для деталей малой ширины показаны на рис. 6, *б*, *в*, *г*.

**Лист 6.** Крепление неответственных оптических деталей приклеиванием показано на рис. 1, *а—в*. Примеры крепления некруглых защитных стекол приведены на рис. 2, *а*, *б* — планками, на рнс. 2, *в* — с помощью паза типа «ласточкин хвост». Крепление зеркал осуществляется лапками (рис. 3, *а*, *б*), винтами (рис. 3, *в*), плаиками (рис. 3, *г*). Крепление призм осуществляется шпоиками (рис. 5, *а*), установочными винтами (рис. 5, *б*), лапками (рис. 5, *в*, *г*, *ж*), пру-

жинным кольцом (рис. 4, *б*). Для вращения изображения в параллельных пучках применяют призму Дове, а в сходящихся — призму Пехана. Для юстировки призмы Дове (рис. 4, *г*) используют пружинные лапки. Оправа призмы Пехана (рис. 5, *д*) подвешивается на трех парах винтов для обеспечения выставки входной грани призмы, перпендикулярно оси вращения стакана.

Для совмещения оси вращения призмы и стакана в оправе призмы предусматривается радиальная подвижка. На рис. 6 даны примеры крепления линз резьбовыми кольцами (рис. 6, *а—в*) и развальцовкой (рис. 6, *г, д*). Для выдерживания воздушных промежутков применяются промежуточные кольца (рис. 6, *г*).

На рис. 5, *е* показано крепление оптического клина лапками. Крепление защитного стекла пружинным кольцом показано на рис. 4, *в*.

## 3. ОПОРЫ И ВАЛЫ

**Лист 7.** Вращающиеся детали механизмов устанавливают на валах или осях, которые осуществляют центрирование этих деталей относительно оси вращения. Валы предназначены для передачи крутящего момента. Оси, в отличие от валов, не передают крутящий момент и могут быть как вращающиеся, так и неподвижные.

Количество, расположение и тип опор существенно влияют на жесткость и прочность конструкций. Переход от шарнирных опор к неподвижным повышает жесткость стержней (валов, осей) (рис. 1, *а—з*, 2, 3) в 4—5 раз, а круглых пластин (рис. 4, *а, б*) в 7,7 раза. Прогибы консольных стержней (рис. 1, *б, е*) во много раз больше, чем двухопорных шарнирных той же длины. Расположением и количеством опор можно варьировать форму упругой линии в широких пределах (рис. 2, *а—ж*). В частности, при определенном расположении опор (рис. 2, *г*), которое реализуется в контрольных линейках, можно уменьшить прогиб от собственного веса в 48 раз по сравнению с прогибом стержней, опертых по концам. В стержневых кварцевых резонаторах установкой опор аналогично рис. 2, *д* существенно подавляют побочные изгибные колебания второй и третьей гармоник.

Типы опор значительно изменяют допустимую нагрузку из расчета на продольный изгиб (рис. 3).

Конструкция валов и осей (рис. 5) определяется их назначением и способом установки на них деталей, типом и размерами опор, условиями сборки, величиной и направлением действующих сил. Гладкие валы (рис. 5, *а*) постоянного сечения в приборостроении применяются обычно в малонагруженных конструкциях. Ступенчатый вал (рис. 5, *б*) позволяет упростить сборку; выступы удерживают посаженные детали от осевых смещений. При небольших диаметрах валов и насаживаемых деталей наиболее целесообразны совмещенные конструкции вала-червяка, вала-шестерни, эксцентрикового вала, вала-полумуфты (рис. 5, *в, г, ж, и, к*). В механизмах часто применяют и специальные валики: шлицевые (рис. 5, *д*), полые (рис. 5, *е*), гибкие, карданные и др.

Конструкция и размеры осей для механизмов общего назначения регламентированы стандартом (рис.6). Длина оси (в мм) выбирается из ряда: 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, далее через 5 до 120, далее через 10 до 220, далее 240, 250, 300.

Рекомендации по выбору материала осей, технические требования и условные обозначения см. в ГОСТ 9650—71.

Центровые отверстии в валах (рис. 7) служат для обработки в центрах станка. Относительно центровых отверстий вала производят проверку биения его цилиндрической и торцовой поверхностей. Центровые отверстия могут служить опорами скольжения. Их форма, размеры, шероховатость поверхностей стандартизованы.

**Лист 8.** Стандартами (ГОСТ 12080—66 и СТ СЭВ 537—77) установлены формы и размеры цилиндрических концов валов (рис. 1, *а* и *б*) диаметром от 0,8 до 630 мм, предназначенных для посадки деталей, передающих крутящий момент в машинах, механизмах и приборах. Шпонки должны выбираться в зависимости от диаметра вала: сегментные (ГОСТ 8795—68) для вала диаметром до 14 мм; призматические обыкновенные ГОСТ 8789—68 для вала диаметром более 12 мм, тангенциальные нормальные — по ГОСТ 8796—68. Допускается отклонение длины концов от регламентированной в пределах двух диапазонов длин.

Для валов с коническими концами (рис. 2) с конусностью 1 : 10 ГОСТ 12081—72 и СТ СЭВ 537—77 регламентируются размеры, предельные отклонения, радиальные биения и другие параметры.

ГОСТ 4907—73 распространяется на концы валов ручного управления электромеханических изделий (рис. 3): переключателей поворотного типа, переменных резисторов и конденсаторов переменной емкости, предназначениых для радиоэлектронной аппаратуры.

На рис. 3 показаны концы валов: сплошной гладкий (рис. 3, *а*) (обозначение ВС-1), рис. 3, *б* — сплошной со шлицем (ВС-2), рис. 3, *в* — сплошной с лыской (ВС-3), рис. 3, *г* — сплошной с двумя лысками (ВС-4), рис. 3, *д* — полый гладкий (ВП-1), рис. 3, *е* — полый с лыской (ВП-2). На цилиндрической поверхности ВС-1 допускаются гладкие и резьбовые отверстия. При сопряжении полого вала со сплошным (рис. 3, *и*) размер сплошного конца вала должен быть равным $10 \pm 1{,}0$ или $12{,}5 \pm 1{,}0$, а размеры полого вала должны соответствовать величинам, приведенным в таблице для полого конца вала (рис. 3, *д*). Для аппаратуры старых разработок допускается конец вала с косой лыской (рис. 3, *ж*). Допускаемые сочетания размеров концов валов отмечены в таблицах (рис. 3, *а—е*) знаком «+».

**Лист 9.** Для уменьшения веса вала (рис. 1, *а*), облегчения посадки на вал деталей и лучшего восприятия осевых усилий целесообразно конструировать валы переменного сечения (рис. 3, *а*), приближая их форму к форме тел равного сопротивления изгибу (рис. 1, *б*; 3, *б*).

При высоких требованиях к массе и жесткости целесообразно применение полых валов. На рис. 2 приведены сравнительные показатели жесткости $J$, прочности $W$, прогибов $f$, массы $G$, удельной прочности $W/G$ и долговечности $h$ подшипников при последовательном увеличении диаметра вала (и размера подшипников). Однако технология изготовления полых валов при большой длине сложна, что не позволяет рекомендовать их без особой на то необходимости.

Уменьшение массы ступенчатого вала (рис. 5, *а*) возможно применением буртиков (рис. 5, *б, в*). Увеличенее прочности и жесткости валов можно достичь изменением конструкции шестерен: цилиндрической (рис. 4, *а, б*), конической (рис. 6, *а, б, в*). Сокращение расстояния между опорами (рис. 7, *а*) в 3 раза уменьшает $M_{изг}$ также в 3 раза, а прогиб — в 27 раз (рис. 7, *б*). Неиагруженные участки валов (рис. 8, *а*) могут быть облегчены (рис. 8, *б*). При конструировании следует учитывать технологию изготовления. Например, на концах, имеющих сферическую поверхность (рис. 9, *а*), из-за трудности ее обработки следует предусмотреть переходную шейку (рис. 9, *б*). На внешних поверхностях вместо квадратов и шестигранников под ключ (рис. 10, *а*) следует проектировать две обрабатываемые гранн (лыски) под размер ключа (рис. 10, *б*). Вместо уступов увеличенных размеров (рис. 11, *а*) целесообразно применять компенсирующие кольца или шайбы (рис. 11, *б, в*). Цилиндрические поверхности валиков (рис. 12, *а*) рационально располагать по возрастающим или убывающим ступеням от одного конца валика к другому, что облегчает настройку станка (рис. 12, *б*).

При выборе формы вала учитывают масштаб производства: при единичном производстве форму вала упрощают (рис. 13, *а*), при серийном — предусматривают упорные буртики, уменьшающие массу (рис. 13, *б*). Сильнонагруженному валу придают форму равного сопротивления изгибу и в переходных участках предусматривают меры к снижению коицентрации напряжений (рис. 13, *в*).

На рис. 14 показан пример рабочего чертежа вала.

**Лист 10.** Продольное фиксирование осей. Фиксированне деталей на валах с помощью установочных винтов наиболее простой способ (рис. 1), но передаваемые нагрузки малы. Для вала с невысокой поверхностной твердостью при небольших сдвигающих усилиях допускается фиксация без центровки и лыски при неглубокой проточке (рнс. 1, *а*). Для вала с закаленной поверхностью допускается фиксация без центровки (рис. 1, *б*). Для предотвращения смятия резьбы при центровке конус винта утапливается неполностью либо конец винта делается ступенчатым (рис. 1, *в, г, д*

Установка винта через шпонку уменьшает концентрацию напряжений (рис. 1, *е*). Винт с засверловкой устанавливают, как правило, на лыску или цековку (рис. 1, *ж*). Установочный винт со сферическим концом применяют при необходимости углового смещения детали (рис. 1, *и*).

Круглые цилиндрические шпонки (рис. 2, *а*) применяют для крепления деталей небольшой ширины на концах валов. Сегментные шпонки (рис. 4, *а*, *б*) применяют, как правило, в соединениях по переходным посадкам; они не требуют подгонки по пазам и широко применяются в серийном и массовом производстве. Призматические шпонки (рис. 2, *б*, *в*, *г*) требуют подгонки и дополнительного крепления.

Конические штифты (рис. 3, *а*) обеспечивают более плотное соединение, нежели цилиндрические (рис. 3, *в*). Насечные штифты (рис. 3, *б*) не требуют точной обработки отверстий под них.

При фиксировании врезным винтом (рис. 4, *а*) необходима обработка по месту и, как следствие, последующие разборка, промывание и сборка сборочной единицы.

При фиксировании зубчатых колес установочными кольцами (рис. 4, *б*) не требуется подгонка при сборке.

Для установки и регулирования положения деталей на валу (рис. 5, *а*, *б*; 7) широко применяются резьбовые зажимы.

Установку деталей на четырехгранник (рис. 6) рекомендуется применять при серийном производстве проектируемой конструкции.

Для установки неснимаемых деталей используют соединения с накаткой (рис. 8), развальцовку (рис. 9, *а*, *б*) и другие виды соединений.

Различные способы фиксирования осей, опорных стоек, плат и т. п. изображены на рис. 10—17. Для точной установки расстояния между стойками применяют либо оси с выступами (рис. 10, *а*, *б*, *в*; 11, *а б*), либо распорную втулку (рис. 11, *в*). Фиксировать ось в одной опоре можно упорными пластинками (рис. 12, *а*, *б*, *в*) с помощью резьбовых соединений (рис. 14, *а*, *б*, *в*).

Точечная сварка и пайка (рис. 15, *а*, *б*) используется при установке осей в опорных стойках из листового материала. Ось из проволоки 1,5—2 мм можно закрепить загнув (рис. 13, *а*; 15, *в*) или расплющив ее концы (рис. 13, *б*).

Ось, имеющую две опоры, можно фиксировать двумя установочными кольцами (рис. 16, *а*, *б*, *в*). Непосредственно расклепывание концов гладкой оси (рис. 9, *а*, *б*; 17, *а*) возможно при жесткой стенке; при тонкой стенке ось закрепляют развальцовкой ее засверленного конца (рис. 17, *б*).

**Лист 11.** Усталостная прочность валов сильно падает на участках резких переходов, надрезов, проточек, канавок, вызывающих местную концентрацию напряжений, максимальная величина которых в 2—5 раз превышает средний уровень напряжений, действующих в этом сечении (рис. 1, *а—д*). Степень повышения напряжения зависит от вида ослабления (рис. 1, *а*, *б*, *в*).

Действенными мерами снижения концентрации напряжений являются: уменьшение высоты и ширины уступов, плавные переходы и др. (рис. 2, *а*, *б*, *в*), применение геометрических (рис. 2, *г—и*) и технологических деконцентраторов напряжений (накатки) (рис. 2, *к*, *л*). На рис. 2 показано распределение условных силовых линий на различных участках вала.

В сильнонагруженных валах для снижения концентрации напряжений в местах посадки деталей рекомендуется заменять шпоночные пазы, выполненные пальцевой фрезой (рис. 3, *а*), пазами, выполненными дисковой фрезой (рис. 3, *б*); заменять прямобочные шлицевые соединения (рис. 4, *а*) эвольвентными (рис. 4, *б*); заменять штифтовые соединения (рис. 6, *а*) соединениями по накатке (рис. 6, *б*); переносить концентраторы напряжений (рис. 5, *а*) в ненагруженный участок вала (рис. 5, *б*); разносить концентраторы напряжений (рис. 7, *а*, *б*, *в*; 8, *а*, *б*). В соединениях с гарантированным натягом для снижения концентрации напряжений и уменьшения кромочных давлений можно предусмотреть разгрузочные выточки в ступицах деталей (рис. 9, *а*); накатанные разгрузочные канавки (рис. 9, *б*); утолщение на 5—10 % посадочной части вала с плавным переходом на меньший диаметр (рис. 9, *в*). При применении всех мер можно добиться полного снятия концентрации напряжений (рис. 9, *г*). На рис. 11, *а* и *б* показаны способы перекрытия галтелей повышенной прочности при установке деталей, например, подшипников качения, имеющих небольшой радиус закруглений или фаску на входе.

На рис. 10, *а* и *б* и 12 даны стандартизованные и нормализованные элементы конструкции вала. Допускается применять фаски с углами, отличными от 45°. При шлифовке на одной детали нескольких различных диаметров рекомендуется применять канавки одного размера. При ширине канавки $b \geqslant 2$ мм допускается применять закругления с обеих сторон радиусом $r = 1$ мм. Предельные отклонения размеров и шероховатость поверхности канавок назначаются, исходя из конструктивных требований. В деталях, где применение канавок недопустимо из-за снижения их прочности, допускаются скругления радиусами по ГОСТ 10948—64.

**Лист 12.** Представлены некоторые типовые конструкции цилиндрических опор скольжения «с мягким» подшипником (твердость материала цапфы выше твердости материала подшипника). Такие опоры имеют относительно большие размеры (∅ 1,5— ∅10 мм), большой момент трения и сравнительно высокую нагрузочную способность. Долговечность опор зависит от выбранной пары материалов цапфы и подшипника, условий эксплуатации и ухода за опорой (периодичность смазки, чистки, регулирование).

На рис. 1, *а—в* представлены конструкции опор, в которых подшипником является тело корпуса: а) толстостенного листового, б) литого, в) тонкостенного штампованного. Осевые нагрузки воспринимаются кольцевым пояском валика.

Рис. 2 иллюстрирует типы опор с подшипниковыми втулками, установленными в корпусе с помощью различных технологических приемов: запрессовкой с упором буртика подшипника в корпус (рис. 2, *а*); запрессовкой со стороны, противоположной направлению действующей осевой нагрузки; втулка имеет большую толщину стенки для надежности запрессовки (рис. 2, *б*); запрессовка с упором в буртик корпуса (характерно для металлокерамических подшипников) (рис. 2, *в*); запрессовка без упоров; требуется специальный кондуктор и последующая торцовка рабочей поверхности подшипника (рис. 2, *г*); конструкция опоры с зачеканенной втулкой (обычно применяется для установки большого количества подшипников в плоских панелях.). В панели имеются отверстия с фасками под подшипниковые втулки, в которые вставляются короткие цилиндрические стержни (латунь) и расклепываются, заполняя отверстия в панели, после чего производится сверление и развертка отверстий под цапфы осей (рис. 2, *д*); установка подшипниковой втулки в тонкостенном штампованном корпусе с помощью пайки (рис. 2, *е*) (установка и фиксация втулки в корпусе при паянии осуществляется с помощью специального приспособления); установка подшипниковой втулки в корпусе (материалы корпуса — слоистые пластики) с помощью развальцовки. Шайба предохраняет корпус от растрескивания в процессе развальцовки втулки (рис. 2, *ж*); установка подшипниковой втулки заформовкой в корпусе из пластмасс (рис. 2, *и*); получение прочного сцепления с корпусом обеспечивается посредством рифления (накатки) на наружной поверхности втулки; установка подшипниковой втулки с фланцем для крепления к корпусу винтами (рис. 2, *к*).

На рис. 3 показаны опоры с глухими втулками: с кольцевой торцовой опорой, воспринимающей осевые нагрузки (рис. 3, *а*); со сферической пятой. Упор осуществляется в тонкую пластинку-пятачок, завальцованную в подшипниковую втулку (рис. 3, *б*).

На рис. 4 даны варианты сквозных опор с выходом вала за наружную стенку корпуса: с перепадом диаметров шейки цапфы в хвостовик (рис. 4, *а*); с хвостовиком с упорным буртиком (рис. 4, *б*); с гладким цилиндрическим хвостовиком без переходов (рис. 4, *в*); в этом случае крепление насадной детали должно предусматривать осевую фиксацию ее (рис. 4, *г*), выходной конец имеет кольцевую проточку для установки разрезного кольца, служащего осевым упором установки насадной детали.

На рис. 5 изображены правая и левая опоры валика. Левая опора имеет двустороннюю осевую фиксацию, а правая — осевую свободу (рис. 5, *а*); с гладким цилиндрическим валиком (рис. 5, *б*); один из вариантов, обеспечивающий осевую двустороннюю фиксацию валика с помощью штифта, установленного в толстостенный корпус (рис. 5, *в*).

На рис. 6 рассмотрены варианты установки валиков в опорах, расположенных на одной плате, стенке: гладкий валик — ступенчатая втулка (рис. 6, *а*); гладкая втулка — ступенчатый валик (более технологично) (рис. 6, *б*); с раздельными втулками (вариант со смазкой, периодически пополняющей полость между втулками) (рис. 6, *в*); с длинной тонкостенной втулкой и фигурным валиком с кольцевыми проточками, заполняемыми при сборке консистентной смазкой (рис. 6, *г*).

На рис. 7 представлены коиструкции устаиовки

роликов: ролик, выполненный вместе с цапфами в разъемной корпусной вилке (рис. 7, *а*); ролик, скрепленный со вставной цапфой в толстостенной штампованной вилке (рис. 7, *б*); ролик на неподвижной оси в литой вилке (рис. 7, *в*); качающийся рычаг на подвижной оси, фиксируемой от осевых перемещений пружинной пластиной (рис. 7, *г*).

Опоры с неподвижными цапфами различают: на одной цапфе (рис. 8, *а*); на двух неподвижных цапфах (рис. 8, *б*); вариант установки цапфы при небольшой толщине подвижной детали (рис. 8, *в*); вариант установки запрессовываемой цапфы в толстостенный корпус (рис. 8, *г*); разборная конструкция — ось имеет резьбовой поясок и головку со шлицем (необходимо предусмотреть защиту от самоотвинчивания) (рис. 8, *д*); установка оси с развальцовкой цапфы с корпусе (рис. 8, *е*); установка цапфы большого диаметра с фиксацией от проворачивания (рис. 8, *ж*); ось с разрезными концами, разгибаемыми при сборке (рис. 8, *и*). Неподвижная цапфа, образованная обработкой корпуса, показана на рис. 9, *а*. Резьбовое соединение обеспечивает разборку опоры. На рис. 9, *б* приведена установка оси на тонкостенной панели; осевая фиксация осуществляется силой веса подвижной детали.

Рис. 10 иллюстрирует варианты исполиения малогабаритных опор: с резьбовой тонкой подстройкой осевого положения валика (рис. 10, *а*); с двусторонней осевой фиксацией валика с помощью планки, вводимой в кольцевой паз хвостовика цапфы (рис. 10, *б*).

На рис. 11 показаиы иекоторые варианты опор со специальными смазочными устройствами — подшипник скольжения направляющего ролика лентопротяжного устройства (рис. 11, *а*). Ролик состоит из двух деталей, в полость между которыми помещается войлок, обеспечивающий накопление смазки. Отверстия *а* предназначены для периодической смазки. В процессе работы опоры смазка через прорезь *б* подается на цапфу (рис. 11, *а*). В обойме завальцован набор шайб, между которыми уложены фетровые шайбы. В опоре (рис. 11,*б*) шайбы 1 (латунь, бронза) контактируют с цапфой и имеют отверстия *а* для ее периодической смазки. В процессе работы опоры смазка, накопленная фетровым шайбами, нагреваясь, попадает в рабочие зазоры подшипника; опора с самоциркуляцией смазки показана на рис. 11, *в*. В корпусе подшипника (рис. 11, *в*) закреплены (завальцовкой) подшипниковая втулка *1* и крышка *2*. В полости между втулкой и корпусом помещена войлочная набивка, удерживающая смазку. При вращении вала смазка через отверстия в подшипнике поступает в зазор между цапфой и подшипником. Уступ валика разбрасывает смазку, которая попадает под козырек корпуса подшипника, пропитывая войлочную набивку. Набивка задерживает в себе частицы износа. Подшипник хорошо работает при больших окружных скоростях скольжения. На рис. 11, *г* показаиа самоустанавливающая цилиндрическая опора с медно-графитовым подшипником (применяется в электродвигателях малой мощности). Подшипник *1* (рис. 11, *г*) зафиксироваи между корпусом *2* и прижимом *3* (лапки *а* прижима *3* проходят в прорези корпуса *2* и загибаются). Войлочная шайба *4* периодически пропитывается жидкой смазкой, вводимой через отверстие *б*, обеспечивает накопление смазки, которая в процессе работы опоры поступает к цапфе через поры бронзографитового подшипника *1*.

**Лист 13.** Показаиы конструкции регулируемых цилиндрических опор скольжения.

На рис. 1 представлены эксцентриковые устройства регулирования положения осн опоры: эксцентрик-цапфа (рис. 1, *а*); эксцентрик-подшипник (рис. 1, *б*); эксцентрик-цапфа с фланцевой фиксацией положения оси (рис. 1, *в*); эксцентрик-подшипник с регулированием положения оси с помощью привода (зубчатое зацепление) (рис. 1, *г*); пример использоваиия эксцентрикового регулирования положения опоры (рис. 1, *д*, *е*).

На рис. 2 показаны способы регулирования осевого положения валиков и осевых зазоров; регулнрование осевого зазора в опорах с помощью резьбовой втулки (рис. 2, *а*): регулирование осевого положения вращающейся детали магнитофона (рис. 2, *б*); варнант конструкции для малогабаритных устройств (рис. 2, *а—в*); вариант конструкции с резьбовой пробкой (рис. 2, *б—г*); упругий компенсатор осевого зазора в опорах (рис. 2, *д*); вариант пружинного компенсатора (рис. 2, *е*); пружинный компенсатор осевого перемещения с плоской пружиной, отогнутые концы которой установлены в прямоугольные пазы с целью предотвращения проворачивания пружины (рис. 2, *ж*).

На рис. 3 дан пример конструктивного исполнения регулируемых опор в гироскопическом устройстве.

На рис. 4 приведены способы регулирования радиального зазора в подшипниках скольжения: с помощью двусторонней цанговой подшипниковой втулки (рис. 4, *а*); с помощью разрезного упругоподжимаемого вкладыша с наружной конической поверхностью (рис. 4, *б*); с помощью разрезной подшипниковой втулки (рис. 4, *в*) (цапфа не показана).

На рис. 5 представлены элементы конструкций осевого и радиального регулирования конических опор: центр с резьбовым хвостовиком и цилиндрической направляющей (рис. 5, *а*); центр-пробка с резьбовым поджимом (рис. 5, *б*); вариант конструкции с подвижным подшипником (рис. 5, *в*); центр, зафиксированный в осевом направлении; эксцентрической направляющей регулируется только радиальное смещение оси (рис. 5, *г*); центр с гладкой цилиндрической направляющей поверхностью, ось которой смещена относительно оси центра; центр обеспечивает как осевое, так и радиальное регулирование (рис. 5, *д*); правая и левая опоры центра, одна из которых регулируется в осевом направлении (рис. 5, *е*); упругий компенсатор осевого перемещения в опоре на центрах (рис. 5, *ж*).

На рис. 6 показаны вариант упругого компенсатора с плоской пружиной, на конце которой укреплен центр (рис. 6, *а*); конструкция опоры на центрах с осевым и радиальным регулированием положения оси; радиальное регулирование возможно за счет смещения центров в пределах зазоров в отверстиях корпуса (рис. 6, *б*).

На рис. 7 представлены конструкции опор с конической рабочей поверхностью: опора с двумя рабочими поясками, регулируемая осевым смещением колпачковой гайки (рис. 7, *а*); конические опоры длинного валика, регулируемые осевым взаимным поджатием конусов двойной конусности, установленных на гладком валике на призматических шпонках; опоры воспринимают осевые и радиальные нагрузки (рис. 7, *б*); конические опоры с упругим компенсатором (рис. 7, *в*); конические опоры с упругим компенсатором, установленным между двумя коническими втулками, одна из которых подвижна (рис. 7, *г*).

**Лист 14.** Показаны сферические, камневые и ножевые опоры.

На рис. 1 приведены конструктивные варианты сферических опор скольжения:

— сферическая опора со сферической рабочей поверхностью (рис. 1, *а*). Шаровой шип (цапфа) установлен в корпус и зафнксирован в нем от осевых перемещений резьбовой пробкой. Отверстия в корпусе и пробке под шип должны быть точно обработаны по радиусу сферы шипа (обычно притирка) (рис. 1, *а*); гайка и корпус имеют вкладыши, изготовленные из пластмассы или металлокерамики, легко заменяемые в случае их износа. На рис. 1, *б* гайка и корпус имеют более простую конфигурацию (отсутствуют сферические поверхности);

— сферическая опора с клиновыми вкладышами (рис. 1, *в*). На оси *1* закреплен сферический наконечник *2* (усеченная сфера). Гайка *3* должна быть законтрена одним из известных способов. Три вкладыша *4*, выполненные в виде секторов со сферической внутренней и конической наружной поверхностями, охватывают наконечник *2* и входят в коническое отверстие корпуса *5*. Резьбовой пробкой *6* регулируют осевое положение вкладышей, обеспечивая охват ими сферического наконечника;

— сферическая опора с пружинным люфтовыбирающим устройством (рис. 1, *г*). Цапфа (сферический шип) установлена в корпусе и поджимается к нему чашкой с пружиной. Усилие прижатия пружины регулируется резьбовой пробкой. Применяется как самоустанавливающаяся опора для восприятия радиальных нагрузок;

— сферическая опора с коническим центровым отверстием в оси (рис. 1, *д*). Шаровая цапфа выполнена в форме установочного винта. В корпусе выполнено резьбовое отверстие под цапфу;

— сферическая опора со стандартным шариком (рис. 1, *е*), свободно установленным в конические центровые отверстия оси и пробки;

— сферическая опора со стандартным шариком и коническими центровыми отверстиями в оси и в плавающей пробке (рис. 1, *ж*). Пробка устанавливается в корпус с гарантированным зазором. Пружина, поджимаемая резьбовой пробкой, обеспечивает выбор зазора в опорах оси. Отверстие в корпусе имеет гладкую цилиндрическую поверхность для установки плавающей пробки и резьбовую часть под резьбовую пробку. Усилие нажатия пружины зависит от величин осевой и радиальной нагрузок, воспринимаемых опорой;

— сферическая опора с кольцевыми вкладышами

(рис. 1, *к*) (опора также может работать как цилиндрическая самоустанавливающаяся). На валу укреплена сфера, охватываемая кольцевыми вкладышами. Поверхность вкладышей, обращенная к сфере, может быть конической или сферической. Вкладыши сжимаются торцом гайки относительно корпуса, обеспечивая осевую и радиальную фиксацию опоры. Если опора используется как самоустанавливающаяся цилиндрическая, то вал и сфера должны сопрягаться по посадке с гарантированным зазором;

— опора на керне рамки магнитоэлектрического измерительного прибора (рис. 1, *и*). Кери стандартный, запрессован в буксу.

На рис. 2 приведены некоторые типовые конструкции камневых опор: камневая радиальная опора осевые нагрузки не воспринимает, так как момент трения велик (рис. 2, *а*); камневая опора со стандартным армированным подпятником по ГОСТ 11852—77 воспринимает осевые нагрузки (рис. 2, *б*); элемент конструкции камневых опор часового механизма. Подпятник и втулка установлены в две детали, что обеспечивает ремонт опоры (рис. 2, *в*); стандартные подпятник и втулка (рис. 2, *г*), запрессованные в детали конструкции (см. рис. 2, *в*); вариант съемной втулки с завальцованным подпятником и втулкой (рис. 2, *д*) и разъемный вариант (рис. 2, *е*); конструкции элемеитов опор в часах (рис. 2, *ж*, *и*, *к*); опора на керне со стаидартным армированным подпятником с завальцованным коническим камием по ГОСТ 11852—77 (рис. 2, *л*); камневые опоры электроизмерительиого прибора с виутрирамочным магнитом (рис. 2, *м*).

На рис. 3 показаны камневые опоры с амортизаторами: конструктивные варианты опор с осевой амортизацией (рнс. 3, *а—г*); камневые опоры с амортизаторами осевого и радиального действия, применяемые в часовых механизмах (рис. 3, *д*, *е*); конструкции амортизационных пружин (рис. 3, *ж*); камневые опоры гироскопического устройства с амортизаторами (рис. 3, *и*).

Примеры коиструкций элементов ножевых опор даны па рис. 4: конструкция крепления ножа (рис. 4, *а*); ножевая опора якоря электромагнитного реле (рис. 4, *б*); регулируемое крепление ножа (рис. 4, *в*); установка призмы на клею или лаке (рис. 4, *г*); устаиовка призмы на винтах (рис. 4, *д*); регулирование положения призмы (рис. 4, *е*); многостепеиное регулирование установки ноже (рис. 4, *ж*); вариант регулирования установки ножа (рис. 4, *л*); регулирование установкн ножа на упругих держателях (безлюфтовое регулирование) (рис. 4, *и*, *к*).

**Лист 15.** Упругие опоры. На рис. 1 представлены конструкции упругих опор с ленточными упругими элементами: одностепенной упругий шарнир (рис. 1, *а*), двухстепеннои упругий шарнир (рис. 1, *б*). Центры вращеиия в двух взаимно перпендикулярных плоскостях не совпадают (см. рис. 1, *б*); крестообразный шарнир простейшей конструкции с двумя парами плоских прямых пружин (рис. 1, *в*); вариант упругого шарнира для малых угловых перемещений (рис. 1, *г*); упругий шариир с точным центрированием (рис. 1, *д*); упругий шарнир с повышенной радиальиой жесткостью опоры (рис. 1, *е*).

На рис. 2 приведены некоторые конструкции элементов торсионных подвесок: многоторсионный шарнир (рис. 2, *а*); торсионная подвеска рамки измерительного прибора (рис. 2, *б*); конструкция натяжного устройства торсиона (рис. 2, *в*); вариант конструкции натяжного устройства торсиона (рис. 2, *г*); конструкция регулировочного устройства угла предварительного закручивания торсиона (рис. 2, *д*); коиструкция крепления растяжки торсиоиа с помощью упругой рессоры. Растяжка крепится к язычку рессоры пайкой. После регулирования угла закручивания растяжки поворотом рессоры положение последией фиксируется винтом относительно корпуса (рис. 2, *е*); вариаит креплеиия растяжки на рессоре с регулированием силы натяжения торсиона (рис. 3, *а*); вариант крепления растяжки иа рессоре (рис. 3, *б*).

На рис. 4 приведен пример конструкции торсионной подвески гироскопического устройства. Хвостовик торсиона после регулирования фиксируется цанговым зажимом.

Пример конструкции упругого шарнира с плоскими пружинами дан на рис. 5. Верхний и нижний держатели имеют одинаковую коиструкцию. Закрепление плоских пружин осуществляется в держателях клиновыми вставками с винтами, входящими в центральную часть держателя. Накладки на концах пластин увеличивают устойчивость пластин при больших (15°) углах поворота держателей.

На рис. 6 показан пример конструкции крестообразного шарнира гироскопического устройства и основные элементы шарнира.

**Лист 16.** Представлены некоторые типовые конструкции опор на стандартных подшипниках качеиия.

На рис. 1 рассмотрены некоторые способы установки подшипиików на вал с осевой фиксацией подшипника: малогабаритиая разборная конструкция, в которой запорная втулка закреплена штифтом (рис. 1, *а*); варианты неразборных малогабаритных конструкций узлов опор, показывающие применение развальцовки валика для осевой фиксации подшипника (рис. 1, *б* и *в*); конструкция установки подшнпника при $d \geqslant 18$ мм (рис. 1, *г*); некоторые способы осевой фнксации подшнпников на валиках, продолжающихся за подшипником, с помощью разрезной (рис. 1, *д*) и неразрезной (рис. 1, *е*) втулок и пружины; осевая фиксация подшипника с помощью упругого кольца при $d \geqslant 12$ мм (рис. 1, *ж*); конструкция осевой фиксации подшипника с помощью гайки и специальной шайбы (рис. 1, *л*); вариант фиксацин подшипника гайками (рис. 1, *и*); конструкция осевой фиксации подшипника гайкой, шплинтуемой после затяжки (рис. 1, *к*).

На рис. 2 представлены некоторые типовые способы установки наружных колец подшипника в корпусные детали: в гладкое цилиндрическое отверстие без осевой фиксации (рис. 2, *а*); с односторонней осевой фиксацией буртиком (рис. 2, *б*); с односторонней осевой фиксацией пружиным разрезным кольцом (рис. 2, *в*); с двусторонней осевой фиксацией (рис. 2, *г*); с двусторонней фиксацией разрезными кольцами (рис. 2, *д*); одиосторонняя фиксация с применением подшипников, имеющих проточку на наружном кольце под пружиное кольцо (рис. 2, *е*); одиосторонняя фиксация с применением подшипника с буртиком на наружном кольце (рис. 2, *ж*); неразборная конструкция двусторонией фиксации с помощью завальцовки (рис. 2, *н*).

На рис. 2 приведен способ установки подшипника с осевой фиксацией (осевых нагрузок не воспринимает) с помощью вкладышей с разводными усиками. Под вкладыши должны быть предусмотрены пазы в корпусной детали (рис. 2, *и*); осевая фиксация подшипника в тонкостеиной корпусиой детали с помощью накладных колец (рис. 2, *к*); конструкция опоры с осевой фиксацией подшипника резьбовой втулкой (рис. 2, *л*); установка подшипника с осевым пружинным поджатием наружного кольца (рис. 2, *м*).

На рис. 3—8 представлены конструкции опор с различным сочетанием способов устаиовки подшипников на вал и в корпус. При рассмотрении приведенных конструкций следует обратить виимание на возможность регулирования осевого зазора в соединении, радиального и осевого смещения валика, на способ осевой фиксации валика.

Осевой зазор можно регулировать с помощью набора тонких стальных или латуиных шайб (рис. 3, *а в*, *е*) с помощью резьбовых элементов (рис. 3, *г*; 4, *а*; 5, *а*; 6, *а*, *д*; 7, *а*) или автоматически выбираться с помощью пружинных элемеитов (рис. 4, *д*, *е*; рис. 5, *в*; рис. 8, *а*). В конструкцнях на рис. 5, *а*, *б* возможно также регулирование радиального положеиия оси валика.

Двусторонняя осевая фиксация одной из опор обычно применяется при «плавающей» другой опоре (рнс. 7, *б*, *в*; 8, *а*) и может быть выполнена, как показано на рис. 3, *б*; 4, *б—г*.

При коротких валиках и небольших диапазонах изменения температуры используются конструкции опор, установленных враспор или врастяжку (рис. 5, *а*, *г*, *д*; 6, *а—д*; 7, *а*, *г*) как с регулировочными устройствами, названными выше, так и без них (рис. 3, *б—ж*; 4, *а*; 5, *г*; 6, *б*, *в*; 7, *г*).

Примеры конструкций опор со смазочными устройствами приведены на рис. 8, *б—г*. На рис. 8, *б* показана опора с войлочным накопителем смазки, установленным в колпачке. Система жидкостной циркуляционной смазки подшипника, работающая при высоких частотах вращения на принципе центробежного насоса, показана на рис. 8, *в*. Часто в конструкциях применяется представленный на рис. 8, *г* объемный накопитель консистентной смазки для опор с малой частотой вращения.

На рис. 8, *д* представлеиа конструкция стандартного подшнпника качеиия типа 60 000 или 80 000 с защитными шайбами, предохраняющими подшипник от загрязнений и удерживающими консистентную смазку во внутренней полости подшипника.

**Лист 17.** Представлеиы конструкции узлов на стандартных подшипниках качения, типичные для закры-

тых передач. Узлы имеют уплотнительные устройства, предохраняющие внутреннюю полость корпуса от пыли, а также от вытекания смазки из полости корпуса. Размещение опор и их регулирование рассмотрено выше. Примеры конструкций узлов опор приборных устройств представлены на рис. 1—18.

**Лист 18.** Представлены некоторые основные типы специальных опор, применяемых в приборостроении.

На рис. 1—8 показаны конструкции малогабаритных опор с диаметрами цапф от 0,44 до 8,8 мм и наружными диаметрами от 1 до 16 мм. Подшипники могут быть радиальными (рис. 1), радиально-упорными (рис. 2 и 5). Они могут быть установлены в корпусные детали с компенсаторами осевого зазора (рис. 3), с устройствами регулирования осевого зазора (рис. 2 и 4) и с амортизаторами (рис. 4). Радиально-упорные подшипники предназначены для валов с конической (рис. 2, 3) или сферической цапфами (рис. 5). Цапфы (рис. 1 и 6) имеют сферическую пяту скольжения для восприятия малых осевых нагрузок.

На рис. 7 и 8 представлены насыпные подшипники с регулируемым радиальным зазором. На рис. 9, *а—и* представлены основные типы скоростных подшипников качения. Эти подшипники выпускают и поставляют обычно в комплекте с валами.

Чувствительные приборные подшипники (рис. 10, *а—и*) применяют в гироскопических и некоторых измерительных устройствах. Их изготовляют в виде комплектов основных элементов, которые имеют конфигурацию, определяемую назначением прибора и местом установок подшипника (по согласованию между заказчиком и ВНИИПП).

Многоточечные подшипники качения (рис. 11) применяют там, где нет возможности применить стандартные подшипнпки (например, большой диаметр подшипника при его малом сечении). На рис. 11, *а—в* представлены «проволочные» подшипники, у которых беговые дорожки шариков образованы проволокой круглого сечения, уложенной во внутренних и наружных кольцах подшипника. Так могут быть изготовлены радиальный (рис. 11, *а*), упорный (рис. 11, *б*), двухрядный радиальный (рис. 11, *в*) подшипники. На рис. 11, *г* представлен насыпной многоточечный подшипнпк, внутреннее кольцо которого выполнено заодно с деталью прибора.

На рис. 12, *а* и *б*; 13, *а* и *б*; 14, *а* и *б* показаны конструкции узлов со специальными подшипниками качения.

## 4. НАПРАВЛЯЮЩИЕ

**Лист 19.** Представлены направляющие с трением скольжения.

На рис. 1 показаны цилиндрические направляющие: схема (рис. 1, *а*), трубчатые направляющие с Т-образной прорезью на ползуне (рис. 1, *б*), с ограничительными выдавлениями фасками (рис. 1, *в*); с закреплением штанги винтом (рис. 1, *г*).

На рис. 2 представлены цилиндрические направляющие с устройствами от проворачивания в виде внутреннего шпоночного паза (рис. 2, *а*, *б*, *к*); сквозного паза во втулке (рис. 2, *в*); впрессованного штифта (рис. 2, *г*, *л*); специального винта (рис. 2, *д*, *и*); врезанной шпонки (рис. 2, *е*); приставной шпонки (рис. 2, *ж*, *х*); планок различной формы (рис. 2, *м*, *н*); ролика, поджимаемого к штанге упругим элементом (рис. 2, *ф*); дополнительных направляющих плоской (рис. 2, *у*) или цилиндрической формы (рис. 2, *п*, *р*, *с*).

На рис. 3, *а—е* показаны типовые конструкции призматических нерегулируемых направляющих с трением скольжения. В направляющей типа «ласточкин хвост» (рис. 3, *е*) использован разрезной ползун, что обеспечивает автоматический выбор зазора.

На рис. 4, *а*, *б*, *в*, *г* показаны примеры конструкций призматических регулируемых направляющих типа «ласточкин хвост» с приставными салазками. Использование жестких и упругих прокладок показано на рис. 4, *д*, *е* соответственно.

На рис. 5 показана конструкция направляющей с автоматическим выбором бокового зазора. Такие направляющие рекомендуются для приборных устройств, работающих при значительных перепадах температуры окружающей среды. Одну левую (на рис. 5, *а*, *в* не показана) салазку изготовляют постоянной заодно с основанием или базовой деталью *1*. Вторая салазка *3* поджимается к поверхности ползуна *2* плоской *4* (рис. 5, *а*) или винтовой (рис. 5, *б*) пружиной *6*. Для регулирования силы поджатия пружины используют винты *5*.

**Лист 20.** Направляющие с трением качения. На рис. 1 представлены направляющие с перекатывающимися шариками: схема направляющих (рис. 1, *а*); с шестеренным сепаратором (рис. 1, *б*); с пластинчатым сепаратором (рис 1, *в*); открытого типа со стальными прутками (рис. 1, *г*).

На рис. 2 показаны направляющие с шариками, вращающимися вокруг своей оси; схема направляющих (рис. 2, *а*); с насыпными подшипниками и с кареткой, имеющей плоские рабочие поверхности (рис. 2, *б*); с насыпными подшипниками и с кареткой, имеющей цилиндрическую рабочую поверхность (рис. 2, *в*); варианты установки шарика на стандартный и насыпной подшипник с козырьком (рис. 2, *г*, *д*).

На рис. 3 показаны регулируемые направляющие с роликами: схемы установки регулируемых и нерегулируемых роликов в поперечной плоскости и по длине каретки или штанги (рис. 3, *а*); варианты конструкции закрепления регулируемого ролика на кронштейне с эксцентриковой осью (рис. 3, *б—г*); расположение роликов в одной плоскости для смещения штанги цилиндрической формы (рис. 3, *д*); взаимное расположение роликов для перемещения каретки с плоскими рабочими поверхностями (рис. 3, *е*); типы используемых роликов (рис. 3, *ж*).

## 5. УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

**Лист 21.** Основные требования к закреплеиию одностороине нагруженной плоской пружины — точная фиксация ее продольной оси и постоянство рабочей длины при эксплуатации. Широко используются способы закрепления пружины двумя крепежными элементами: заклепками (рис. 1, *а*), винтами (рис. 1, *б*), расположенными поперек или вдоль оси пружины при малой ее ширине (рис. 1, *в*). Размеры закрепляемого конца пружины выбираются следующими: $d \geqslant 0{,}5\,b$ (крепление винтами) или $d \geqslant 0{,}3b$ (крепление заклепками), $a = (3 — 4)\,d$ и $c \geqslant 0{,}5b$. При использовании одного крепежного элемента применяют дополнительные методы фиксации: фиксирующий паз (рис. 1, *г*), отогнутый конец пружины (рис. 1, *д*) или выдавленный в пружине выступ (рис. 1, *е*).

При двустороннем нагружении пружины используются накладки (рис. 1, *ж*). Для снижения концентрации напряженнй в месте крепления (рис. 1, *и*) ребра накладки и платы скругляют (рис. 1, *к*) или устанавливают в месте крепления с двух сторон пружины прокладки *а* (рис. 1, *л*) из картона, твердой резины и т. п.

Варианты, приведенные на рис. 1, *г*, *и*, *ж*, используются при необходимости изменения рабочей длины пружины.

Для крепления токопроводящих пружии применяют пайку (рис. 1, *м*). При необходимости электроизоляции используют заформовку в пластмассу (рис. 1, *н*).

Крепление наружного конца волоска, позволяющее изменять его рабочую длину, показано на рис. 2, *а* (крепление коническим штифтом) и на рис. 2, *б* (зажим винтом). Вариант на рис. 2, *б* применяют при больших размерах волоска. Внутренний конец волоска крепится по вариантам, приведенным на рис. 2, *г* или *д* (при большом диаметре оси). Диаметр отверстия в кольце *1* меньше диаметра оси *2*. При посадке кольца *1* на ось ножки кольца разводятся с использованием отверстий *3*. Наружный (рис. 2, *в*) и внутренний (рис. 2, *е*) концы токопроводящего волоска обычно крепят пайкой.

От способа крепления наружного конца заводной пружины (рис. 3) зависит КПД пружинного двигателя. Качество крепления наружного конца оценивается коэффициентом качества $k = \frac{M_{сп}}{M}$, где $M$ — момент, развиваемый «идеально» закрепленной пружиной; $M_{сп}$ — момент, развиваемый пружиной при выбран-

ном способе закрепления. Значения $k$ на рис. 3 приведены для пружин, работающих со смазкой.

Крепление внутреннего конца заводной пружины должно обеспечивать надежную передачу от пружины к заводному валику. Крепление отогнутым концом (рис. 4, *д*, *ж*, *и*) рекомендуется для толстых пружин. Для тонких пружин более надежным является крепление с использованием поперечных штифтов (рис. 4, *б*—*г*) или винта с потайной головкой, на которой сняты две параллельные лыски (рис. 4, *а*). В часовых механизмах применяют крепление пружин зубом, отфрезерованным на валике (рис. 4, *е*) или поперечным штифтом с головкой (рис. 4, *к*). Для уменьшения влияния концентрации напряжений в месте перехода от отожженного конца пружины к закаленному используют вариант крепления винтом с подкладками *1* и *2* (рис. 4, *л*).

**Лист 22.** На рис. 1 показано конструктивное оформление концов спиральных заводных пружин ($b$ — ширина, $h$ — толщина пружинной ленты).

В конструкции самописца (рис. 2, *а*) плоская пружина *1* используется в качестве записывающего элемента. Носителем записи является парафинированная бумага *2*. Регулировка усилия прижатия пружины *1* к носителю осуществляется с помощью винта *3*.

Плоская пружина может быть использована для выпрямления шкалы прибора. Требуемая характеристика пружины *1* (рис. 2, *б*) может быть получена с помощью регулируемых винтов-упоров *2*.

На рис. 2, *в* показано устройство градусника-регулятора периода колебаний системы баланс-волосок. Разрезное кольцо *1* закреплено (с трением) конической накладкой *2*, которая винтами крепится к балансовому мостику *3*. В кольцо *1* запрессованы штифты *4*, между которыми проходит виток волоска *5*. Один конец волоска крепится в колодке *6*, а другой — в колонке *7*, соединенной с балансовым мостиком. При колебаниях волосок прижимается к одному из штифтов и участок волоска (от штифтов *4* до колонки *7*) выключается из работы. Поворотом кольца *1* изменяется длина этого участка, что приводит к изменению периода колебаний системы.

Конструкции пружинных двигателей представлены на рис. 3 с вращающимся (рис. 3, *а*) и неподвижным (рис. 3, *б*) барабанами. В обеих конструкциях один конец пружины *1* закреплен на барабане *2*, а другой — на валике *3*. Завод пружины осуществляется ключом, устанавливаемым на квадратный конец валика *3*. В варианте, приведенном на рис. 3, *а*, приводное зубчатое колесо *4* жестко связано с барабаном *3*, а в варианте на рис. 3, *б* колесо *4* установлено на валике *3* по посадке с зазором. В варианте на рис. 3, *а* самоспуску пружины препятствует храповой механизм: храповое колесо *5* и собачка *6*, закрепленная на плате *7*. В варианте на рис. 3, *б* при подзаводе двигателя колесо *4* останавливается (что является недостатком данного варианта). В рабочем состоянии пружина *1* вращает валик *3* с закрепленным на нем храповым колесом *5*, которое через собачку *6* приводит в движение колесо *4*.

Термобиметаллические пружины применяют в качестве термокомпенсаторов и чувствительных элементов при измерении температуры.

На рис. 4, *а* приведена схема прибора для измерения давления с компенсацией температурной погрешности мембраны *1* термобиметаллическими пластинами *2* (термокомпенсатор I рода) и *3* (термокомпенсатор II рода). Пластина *3* является кривошипом в кривошипно-ползунном механизме, образуемым ею совместно с шатуном *4*. Регулировка чувствительности термокомпенсатора II рода (рис. 4, *б*) осуществляется перестановкой винта-упора *2* в резьбовых отверстиях оси *3*. Регулировка размера $a$ осуществляется вращением винта-упора *2*.

В варианте на рис. 4, *в* (термокомпенсация I рода) биметаллическая пластина *1* соединена с жестким центром *2* мембраны шовной контактной сваркой. Регулировка чувствительности невозможна. В варианте на рис. 4, *г* биметаллическая пластина *1* впаяна в держатель *3*, который зафиксирован винтом на жестком центре *2*. Регулировка чувствительности осуществляется поворотом держателя *3* вокруг оси. Шатун соединяется с пластиной *1* с помощью винта-оси *4*.

Регулировка чувствительности термокомпенсации при использовании одной термобиметаллической пластины *1* (рис. 5) осуществляется двумя способами: 1) перемещением держателя *3* в жестком центре, в результате чего изменяется рабочая длина $l$ пластины *1* и, следовательно, изменяются величины перемещений $f_1$ (термокомпенсация I рода) и $f_2$ (термокомпенсация II рода — изменяется длина $a$ поводка *2* тангенсного механизма); 2) вращением держателя *3* — изменяется угол $\alpha$, а следовательно, и соотношение между $f_1$ и $f_2$. После регулировки держатель *3* фиксируют винтом *4*.

Конструкция силовой термокомпенсации (рис. 6) состоит из трех термобиметаллических пластин *1*, которые передают усилие, зависящее от хода мембранной коробки *3* и температуры, на жесткий центр через штоки *2*. Регулировка производится за счет зазора в винтовом соединении, после чего пластины штифтуют.

В термореле (рис. 7) и в карманном термометре (рис. 8) основная конструктивная задача — это увеличение рабочей длины термобиметаллических пружин при заданных габаритах. В первом случае это достигается применением разрезной пластины *1*, а во втором — применением пружины *1* спиральной формы.

В конструкции (рис. 7) пластина *1* воздействует на приводной элемент микровыключателя *2*. Регулировка осуществляется перемещением микровыключателя.

При использовании биметаллических пружин для термокомпенсации они не термоизолируются от конструкции, так как их температура должна быть такой же, как и у конструкции. Но при измерении температуры окружающей среды это приводит к увеличению инерционности измерения.

В этих случаях (рис. 9) пружина *1* термоизолируется от корпуса *4* шайбами *2* и *3* из материала с малой теплопроводностью (пробка, твердая резина, картон и т. п.).

**Лист 23.** Места крепления пружин сжатия должны обеспечивать осевое приложение нагрузки, надежное центрирование концов, продольную устойчивость пружин с большой высотой $H$. Правильная работа пружины определяется заправкой ее концов. На рис. 1, *а* показана заправка конца, полученная обрубкой витка. При нагрузке на пружину, кроме сжатия, действует изгибающий момент; центрирование затруднено.

Шлифованный крайний виток (рис. 1, *б*) лучше, но также приводит к эксцентричности нагрузки. При поджатии крайнего витка (рис. 1, *в*) при нагружении участок витка под обрубленным концом (в области точки $A$) работает на излом. Варианты на рис. 1, *а*, *б*, *в* применяются в неответственных случаях. В варианте на рис. 1, *г* крайний виток осажден до соприкосновения с последующим и шлифован. Величина поверхности контакта (на чертеже она заштрихована) зависит от угла наклона рабочих витков. В варианте на рис. 1, *д* крайний виток сжимается с предыдущим под углом $\alpha_{оп} = \operatorname{actg}\frac{2D_0}{d}$, отличном от угла наклона $\alpha$ рабочих витков. Поверхность контакта получается замкнутой и полностью располагается на концевом нерабочем витке.

В вариантах на рис. 1, *б*, *г*, *д* тонкий «ус» концевого витка срезают (на чертеже указаны углы от крайней точки витка до места среза) и место отреза закругляют со всех сторон. Для каждого варианта заправки концов пружины на чертеже указаны величины полного числа витков $n_1$ как суммы рабочих $n$ и опорных $n_{оп}$.

Для обеспечения определенного положения пружины необходимо ее центрировать. Недопустимо закрепление пружины, как это изображено на рис. 2, *а*. Центрировать пружину можно по внутренней (рис. 2, *б*) и по наружной (рис. 2, *в*) поверхности витков. Посадка по размеру $A$ должна обеспечивать зазор, равный 0,02—0,025 центрирующего диаметра. Возможна комбинация различных способов центрирования (рис. 2, *г*). Если один или оба конца пружины опираются не на плоскость, то целесообразно центрирование на всей протяженности пружины (рис. 2, *д*).

Закреплением концов необходимо исключить перекос и боковое смещение торцов пружины. На примере пружины качающегося рычага (рис. 3, *а*—*д*) показаны различные варианты крепления в порядке улучшения их качества. Худший вариант показан на рис. 3, *а*, так как при повороте рычага пружина изгибается и выпучивается.

Важный показатель крепления — возможность свободного поворота торцов пружины вокруг ее оси при нагружении. Это наиболее важно для измерительных пружин. На рис. 3, *е*—*м* показаны шарнирные способы закрепления, позволяющие торцу пружины поворачиваться вокруг ее продольной оси. Вариант на рис. 3, *ж* наиболее близок к свободному креплению, но он применим при небольших нагрузках. На рис. 3, *н* приведен пример плоского шарнира.

Пружины сжатия могут потерять устойчивость. Если $H_0/D_0 < 5{,}24$ (рис. 4, *а*), а при шарнирном креплении (см. рис. 3, *ж*—*л*) $H_0/D_0 < 2{,}62$, то необходимых мер не требуется. Вариант на рис 3, *м* с шарниром внутри пружины обеспечивает повышенную устойчивость. При применении длинных пружин необходимо

конструктивно уменьшить свободную длину пружины (рис. 4, *б*, *в*) или разделить длинную на несколько коротких пружин *1* (рис. 4, *г*). В последнем случае при той же жесткости габариты несколько увеличиваются из-за введения дополнительных опорных витков и разделительных втулок *2*. Габариты сборочной единицы с пружиной сжатия могут быть уменьшены последовательным (рис. 5, *а*) и параллельным (рис. 5, *б*) соединением пружин. Соосные пружины (рис. 5, *б*) следует выполнять с различным направлением навивки, чтобы предупредить попадание витков пружины *1* между витками пружины *2* при поломке.

Малые габариты имеет двояконическая пружина *1* (рис. 5, *г*), получаемая свертыванием заготовки (рис. 5, *в*). Такая пружина, надетая на ось *2*, воспринимает продольное усилие.

Пружина с прямоугольным поперечным сечением может сжиматься до соприкосновения витков по плоскости. При этом образуется жесткий упор, необходимый для работы нажимной кнопки (рис. 5, *д*).

На рис. 5, *е* показана конструкция амортизатора АПН, в которой применяются конические фасонные пружины *1*. Характеристика таких пружин (рис. 5, *ж*) имеет два участка: линейный *оа* и затухающий *ab*. При полном сжатии витки располагаются в одной плоскости и высота пружины $H = d$.

Заправка концов и центрирование фасонных пружин аналогичны цилиндрическим. В конструкции на рис. 5, *е* малый виток пружины центрируется крепежной стойкой *2* и головкой винта *3*, а большой — колпачком *4*.

**Лист 24.** На рис. 1 показаны конструкции зацепов пружин растяжения. Зацепы на рис. 1, *а*, *б*, *в* (отогнутый виток) являются наиболее технологичными, но при их применении характеристика пружины искажается из-за деформации зацепа и несовпадения направления приложенной нагрузки с осью пружины. Петлевые зацепы (рис. 1, *г*, *д*) более прочны, но также характеризуются искажениями характеристики пружины и, кроме того, менее технологичны. На рис. 1, *ж* показан паяный зацеп. Зацеп на рис. 1, *е* (с заведенным концом) характеризуется высокой прочностью. Для ответственных и сильнонагруженных пружин применяют зацепы с коническим переходом (рис. 1, *и*) или с закладными зацепами (рис. 1, *к*). Зацепы на рис. 1, *л*—*н* регулируют жесткость пружины: рис. 1, *л* — на фрезерованной или штампованной пластине, рис. 1, *м* — на винте, рис. 1, *н* — на резьбовых пробках. Для предотвращения изменения числа рабочих витков пружины во время работы витки резьбы пробки после регулировки жесткости расклепываются (рис. 1, *н*).

Способы крепления пружин растяжения показаны: на рис. 2, *а*—*в* — к горизонтально расположенной плате, на рис. 2, *г*—*д*, — к вертикальной стойке, к трубке и оси — на рис. 2, *е*, *ж*.

Пружина с левой и правой навивками на ее половинах (см. рис. 2, *д*) при любом способе закрепления зацепа работает как свободно закрепленная пружина. Такое же закрепление обычной пружины приближается к глухому (см. рис. 2, *г*). Глухим является крепление пружин на рис. 1, *ж*, *м*. Крепления на рис. 2, *а*, *б*, *в*, *ж* являются промежуточными.

На рис. 3 показаны способы регулирования начального натяжения: рис. 3, *а* — с фиксацией после регулирования, рис. 3, *б* — без фиксации, с возможностью регулирования в процессе эксплуатации.

Рабочий чертеж пружины растяжения показан на рис. 4, где $P_1$ — сила пружины осевая (в Н) при предварительной деформации, $P_2$ — сила пружины осевая (в Н) при рабочей деформации, $P_3$ — сила пружины осевая (в Н) при максимальной деформации.

Способы заправки концов пружин кручения показаны на рис. 5.

На рис. 6, *а* представлен способ центрирования пружины кручения. Диаметр $D'$ вала или оси, проходящих внутри пружины, должен быть

$$D' < \left[d + \frac{D}{1 + \varphi/2\pi i}\right],$$

где $D$ — средний диаметр пружины, $d$ — диаметр проволоки, $i$ — число рабочих витков, $\varphi$ — угол закручивания пружины.

Применение профилированных центрирующих втулок (рис. 6, *б*) позволяет получить нелинейную характеристику пружины кручения.

Конструкция, в которой пружина кручения воспринимает поперечную силу, показана на рис. 6, *в*.

В конструкции (рис. 6, *г*) пружина посажена на ось с натягом. Свободные концы пружины создают момент, противодействующий повороту оси.

Рабочий чертеж пружины кручения показан на рис. 7.

**Лист 25.** Мембраны, т. е. тонкие круглые пластинки, закрепленные по контуру, делятся на плоские (рис. 1) и гофрированные (рис. 5). Последние имеют концентрические волнообразные складки — гофры, их форма показана на рис. 3, *а*—*е* и форма концевых гофров — на рис. 4. Мембраны делят на металлические и неметаллические. У неметаллических мембран большая податливость и они менее чувствительны к перекосам, возможным при закреплении мембраны (рис. 2). Мембраны применяют в устройствах, где необходимо преобразовать давление жидкости или газа в механическое усилие или перемещение. Мембраны крепят сваркой (рис. 6), гайкой (рис. 5). Уплотнение в последнем случае достигается за счет смятия материала корпуса более мягкого, чем материал мембраны. На рис. 7 и 8 показано крепление мембраны сваркой (заливкой) или крышкой, притягиваемой винтами (рис. 7, *а*) или завинчивающейся (рис. 7, *б*).

Для увеличения прогиба центра гофрированные мембраны соединяют в коробки и блоки. В манометрической коробке внутренняя полость соединяется со средой, давление которой измеряется (рис. 9, *а*). Анероидная коробка (рис. 9, *б*), из которой откачан воздух, служит для измерения абсолютного давления.

На рис. 10 показана складывающаяся, а на рис. 11 — грибковая мембранная коробка. Мембранные коробки получают сваркой или сваркой с закольцовкой (рис. 13), пайкой мягкими припоями (рис. 12). В блоки коробки соединяют свинчивающимися жесткими центрами (рис. 16), наложением коробок друг на друга (рис. 14) или с помощью промежуточной шайбы (рис. 15).

Трубчатая манометрическая пружина представляет собой металлическую трубку (как правило, тонкостенную), изогнутую по дуге окружности (рис. 17, *а*), винтовой линии (рис. 17, *б*), спирали (рис. 17, *в*) или S-образно (рис. 17, *г*). На рис. 18 показана витая трубчатая пружина и форма ее поперечных сечений. Трубки изготовляют путем сварки или вытяжкой. Поперечные сечения трубок показаны на рис. 20, *а*—*н*. Один конец трубки наглухо запанвается (рис. 19, *а* — для малых давлений, рис. 19, *б* — для больших), другой припаивается к штуцеру, через который во внутреннюю полость трубки подается газ или жидкость. При изменении внутреннего давления вследствие упругой деформации стенок радиус кривизны трубки меняется и запаянный ее конец перемещается.

Сильфон представляет тонкостенную цилиндрическую оболочку с поперечной гофрировкой (рис. 21). При действии внутреннего или внешнего давления газа или жидкости, а также сил, приложенных к концевым сечениям сильфона, его стенки деформируются. При этом меняется длина и внутренний объем сильфона. Сильфоны используют в качестве упругих чувствительных элементов для измерения давления, для подвижных упругих соединений, в качестве сосудов переменной емкости, для разделения двух сред, для герметизации подвижных соединений. Сильфоны, изготовленные вытяжкой из тонкостенных трубок, называют бесшовными. Сильфоны изготовляют также сваркой из кольцевых пластин (рис. 22, *а*—*г*). Последние обладают повышенной чувствительностью из-за большой глубины гофров, но подвержены коррозии из-за наличия сварных швов. Форма краевых сечений гофров сильфонов показана на рис. 23, *а*—*г*.

К креплениям сильфонов предъявляются требования надежности и отсутствия потерь на трение, герметичность и вакуумную плотность. На рис. 24, *а* показано крепление сильфона коническим кольцом. Если сильфон испытывает внутреннее давление, то арматура *1* (рис. 24, *б*) должна надеваться на концевые гофры *2*, так, чтобы давление уплотняло соединение. Заделка сильфонов в арматуре производится шовной контактной электросваркой, пайкой, заливкой легкоплавкими сплавами *1* в арматуре *2* (рис. 24, *в*).

# 6. ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА

**Лист 26.** На рис. 1, *а—в* показаны типовые конструкции и даны основные геометрические размеры цилиндрических зубчатых колес приборов, в которых выточки и отверстия выполняют для уменьшения массы колеса и момента инерции; малые ступицы (рис. 1, *б*) используют для запирания подшипников качения или упора деталей, устанавливаемых вместе с зубчатым колесом на вал. На рис. 2, *а—в* показаны типовые конструкции и даны основные геометрические параметры конических зубчатых колес. На рис. 3 показана типовая конструкция и даны основные геометрические размеры насадного червяка. На рис. 4, *а—в* показаны типовые конструкции и даны соответствующие размеры червячных колес приборов. Назначение выточек и отверстий такое же, как и у цилиндрических зубчатых колес. На рис. 5 показаны типовые конструкции широко распространенных в приборах сборных зубчатых колес. Сборные зубчатые колеса рекомендуют применять при больших наружных диаметрах ($d_a > 80$ мм) и небольшой ширине венца ($b \leqslant 6$ мм). Колеса сборной конструкции особенно целесообразны в тех случаях, когда венец должен быть изготовлен из цветного металла. Диск-колесо спаривают с трибкой и крепление диска к трибке производят развальцовкой. Операция развальцовки должна производиться достаточно тщательно, чтобы не допустить деформации диска и смещения его геометрической оси относительно оси трибки при развальцовке. При изготовлении зубчатых колес высоких степеней точности обработка зубьев диска-колеса должна производиться после развальцовки на тех же базах, на которых обрабатывались зубья трибки.

Если вращающий момент на валу колеса превышает указанные в таблице на рис. 5, *а* величины, то используют комбинированное соединение при помощи эвольвентного шлицевого зацепления и развальцовки (рис. 5, *б*). Посадочный диаметр трибки должен быть не менее 4 мм, а толщина диска не менее 0,8 мм. Такое комбинированное соединение зубчатых колес целесообразно для приборных устройств, в частности редукторов, рассчитанных на передачу вращающихся моментов в пределах (0,9—1,2) $10^5$ Н·м при наличии тряски, вибраций и требований высокой точности зацепления.

На рис. 6, *а—г* показаны типовые конструкции комбинированных (блочных) зубчатых колес с расточками под шарикоподшипники. Минимальные расстояния между венцами комбинированных цилиндрических зубчатых колес, которые обеспечивают выход фрез и долбяков, приведены в таблице на рис. 6.

На рис. 7 даны типовые конструкции зазоровыбирающих зубчатых колес. В качестве зазоровыбирающих элементов чаще всего используют пружины различных типов. На рис. 7, *а* две части *1* и *2* с одинаковыми зубчатыми венцами составного зубчатого колеса соединены между собой при помощи специальных винтов *4* так, что винты допускают взаимное угловое смещение колес в пределах овальных отверстий. Зубчатое колесо *1* жестко закрепляют на валу или изготовляют заодно с ним, а колесо *2* свободно надевается на ступицу колеса *1*. При сопряжении с ведомым зубчатым колесом части составного колеса поворачивают относительно друг друга на несколько зубьев, растягивая при этом пружину *3*, которую вставляют концами в соответствующие отверстия на неподвижном и подвижном зубчатых колесах. Под действием усилия пружины части зазоровыбирающего колеса прижимаются к боковым поверхностям зубьев ведомого колеса и образуют при этом беззазорное соединение. Величина момента пружины должна быть несколько больше величины момента, передаваемого составным зубчатым колесом.

На рис. 7 показаны аналогичные варианты конструкции применительно к реечной (рис. 7, *б*) и зубчатой передаче для сектора (рис. 7, *в*). Зазоровыбирающее составное зубчатое колесо, части которого раздвигаются при помощи пружины кручения, показано на рис. 7, *г*.

**Лист 27.** На рис. 1, *а—г* показаны конструкции зазоровыбирающих зубчатых колес, в которых упругими элементами являются пружинные проволоки. Конструкция на рис. 1, *а* рекомендуется для передачи с промежуточным колесом. Колесо *1* зацепляется с колесами *2* и *3*, а колесо *5* — с колесами *2* и *4*. На рис. 2 показаны примеры оформления рабочих чертежей: а) цилиндрического колеса; б) червяка; в) червячного колеса.

# 7. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ. КОНСТРУКЦИИ РЕДУКТОРОВ

**Лист 28.** Однокорпусная конструкция малогабаритного редуктора приборной следящей системы приведена на рис. 1. На вертикальном литом кронштейне *1* с одной стороны закреплены электродвигатель *2* и потенциометр *3*, а с другой — втулки-фланцы *8* с установленными в них на шарикоподшипниках валиками.

Сборка редуктора производится по узлам: предварительно каждая втулка-фланец собирается со своим валиком *7*, своими шарикоподшипниками *6*, зубчатыми колесами *5*, закрепленными стопорными винтами. Затем втулки-фланцы устанавливают на кронштейн и после регулировки зацеплений и проверки качества работы редуктора элементы конструкции механизма закрепляют окончательно. Двигатель, потенциометр и втулки-фланцы крепят винтами *12*. После этого устанавливают фиксирующие штифты *11*. Зубчатые колеса закрепляют на валах штифтами *4*. Крепежные винты после сборки и регулировки механизма контрят краской, а стопорные винты вывинчивают.

При мелкосерийном производстве кронштейн изготовляют литьем в землю, а втулки-фланцы вытачивают. В условиях крупносерийного производства эти детали выполняются литьем под давлением. Отверстия во втулках-фланцах делают сквозными, а для упора наружных колес шарикоподшипников внутри втулок-фланцев используют втулки *9*, которые закрепляют винтами *10*. Осевой натяг шарикоподшипников осуществляется с помощью ступиц зубчатых колес и установочных колец *13*.

Однокорпусная конструкция является технологичной и экономичной. В такой конструкции большинство деталей и узлов редуктора унифицировано и удобно регулировать межосевые расстояния. Такую конструкцию применяют для цилиндрических зубчатых передач с параллельным расположением валиков.

На рис. 2 показана конструкция редуктора приборной следящей системы, в которой можно регулировать межосевые расстояния и устранять перекос валов. В конструкции используют двухплатный корпус, который состоит из параллельных плат *1* и *3*, скрепленных четырьмя стойками *2*. На платах закреплены обоймы *14* с шарикоподшипниками *13*. Регулировка зацеплений зубчатых передач *10* осуществляется смещением обойм вместе с шарикоподшипниками и валиками. После регулировки обоймы закрепляют винтами *7* и фиксируют установочными штифтами *8*. Осевой натяг шарикоподшипников обеспечивается выбором соответствующих размеров валиков, а появляющиеся при сборке зазоры между платами и фланцами обоймы заполняют прокладками *15* (чтобы избежать перекосов обойм). На платах закрепляют электродвигатель *11* и потенциометр *5*, который устанавливают на скобе *4* и соединяют с валиком при помощи втулочной муфты *6*. Конструкция применяется при единичном и мелкосерийном производстве. Высококачественная сборка (малый мертвый ход, хорошая плавность и легкость вращения) требует использования труда высококвалифицированных сборщиков, так как смещение подшипников приводит к перекосу валиков и зубчатых колес.

Конструкция редуктора на одной общей плате с кронштейнами (рис. 3) применяется при макетировании (в единичном производстве) и в устройствах, не лимитированных габаритами и массой. Сборка узлов редуктора удобна, так как доступ к местам регулировки и крепления деталей неограничен.

Электродвигатель *4* установлен на плате *1* при помощи кронштейна *3*, а шкала *6* закреплена на валике при помощи муфты *7*. Плата редуктора изготовлена из листового материала, например, из алюминиевого сплава Д16Т или отливается из сплавов АЛ2 или АЛ9, если она имеет сложную форму и применяется в серийном производстве. Кронштейны *2*, *3*, *5*, *8* в зависимо-

сти от серийности производства изготовляют литьем или механической обработкой.

Универсальный редуктор типа УРД с двигателем ДИД-05 (рис. 4) предназначен для использования в следящих системах авиационных приборов и автоматики. В редукторе возможно получение 37 передаточных чисел в диапазоне от 18 до 8192 при одних и тех же платах с помощью различных сборочных единиц (трибок с зубчатыми колесами). Для установки редуктора в приборе в платах предусмотрены по четыре отверстия: два для фиксации редуктора штифтами и два для крепления его винтами. В редукторах подобного типа (с нерегулируемым межосевым расстоянием) для обеспечения правильного зацепления мелкомодульных колес ($m = 0{,}2 \div 0{,}3$ мм) необходимо выполнить координаты отверстий с точностью до $\pm(0{,}02—0{,}03)$ мм, шероховатость посадочных поверхностей — по 8-му классу. Отверстие в платах делают при помощи калибровочных штампов, а сами платы — штамповкой-вырубкой. Валики в отверстия плат устанавливают по посадке с зазором.

**Лист 29.** На рис. 1, *а* показана конструкция червячного редуктора на одной общей плате *1* с кронштейнами *2*, *3* и *5*. Кронштейны и плата изготовлены из алюминиевого сплава Д16Т. Червячное колесо *8* вращается в подшипниках скольжения, изготовленных из латуни ЛС 59-1 и запрессованных в плату *1* и кронштейн *2*. Вращение от электродвигателя *7* на червяк *4* передается с помощью поводковой муфты *6*. Кронштейны *3* и *5* закреплены на плате *1* винтами *9*. Конструкция применяется при макетировании.

Конструкция червячного редуктора с корпусом, выполненным механической обработкой, показана на рис. 1, *б*, а с литым корпусом — на рис. 1, *в*.

Планетарные механизмы применяют для получения малогабаритных конструкций. На рис. 2, *а* показана конструкция, применяемая в коробках скоростей осциллографов. Корпус редуктора *6* вместе с крышкой *8* и ведущим валом представляет собой водило, которое может вращаться (на подшипниках) относительно корпуса коробки скоростей. В корпусе-водиле редуктора на подшипниках *4*, *5* и *9* размещены центральные колеса *3* и *10* и блок сателлитных колес *7*. Механизм редуктора имеет два положения: 1) диск *1* электромагнитной фрикционной муфты прижат к корпусу *6* (плоскость *А*) пружиной *2*. В этом случае центральное колесо *10* неподвижно соединяется с водилом и поэтому скорости вращения ведущего и ведомого валов становятся одинаковыми; 2) при замыкании электрической цепи фрикционной муфты происходит сцепление диска *1* с корпусом коробки скоростей, поэтому центральное колесо *10* станет неподвижным и планетарная передача вступает в действие.

На рис. 2, *б* показан планетарный редуктор, который применяется в узле фокусировки аэрофотосъемочного аппарата. На валу электродвигателя имеется зубчатое колесо (на рисунке не показано), которое при сборке вводится в зацепление одновременно с тремя сателлитами *3* водила *1*. При вращении вала электродвигателя вращательное движение передается с его центрального зубчатого колеса на сателлиты *3*, которые, обкатываясь по неподвижному колесу *9*, вращают водило *1*. Центральное зубчатое колесо водила *1* через его сателлиты передает движение водилу *7*, а затем и водилу *8*, которое жестко соединено с выходным валом *11* штифтом *10*. При этом водила *1*, *7* и *8* снижают поочередно скорость вращения вала электродвигателя до расчетной величины. Сателлиты водила *1*, имеющие большие угловые скорости, устанавливают на шарикоподшипниках *4*, которые фиксируют кольцом *2* и втулкой *6* на оси *5*.

Волновые редукторы применяют в приборах различного назначения. На рис. 3, *а* показан малогабаритный волновой редуктор с двухволновым механическим генератором свободной деформации. Генератор состоит из ведущего валика *1*, изготовленного заодно с поперечиной *2*, на которой на двух осях-эксцентриках *3* посажены два радиальных шарикоподшипника. Поворотом осей-эксцентриков выбирается радиальный зазор в зацеплении. Конструкция проста и технологична.

Малогабаритный мотор-редуктор с конической волновой передачай и активной диафрагмой (рис. 3, *б*) предназначен для передачи вращения в герметизированное пространство. Волновой редуктор и электродвигатель *1* смонтированы в едином корпусе *5*. Валик электродвигателя *1* приводит в движение генератор, состоящий из торцового кулачка *2* и промежуточной втулки *3*, на которой фиксируется обойма упорного подшипника *4*. Шарики этого подшипника давят на ведущее зубчатое колесо *7* ($z = 80$), установленное на шарнирном подшипнике скольжения *6*, обеспечивая зацепление с ведомым колесом *9*. К зубчатому колесу *7* приварен сильфон *8*. Правая часть сильфона приварена к крышке *11* корпуса редуктора. Сильфон разграничивает две зоны — вакуумную и атмосферную. Ведомое зубчатое колесо *9* ($z = 79$) выполнено беззазорным и закреплено на валике *12*, установленном в подшипниках *13*. Возникающие осевые усилия в механизме воспринимаются упорным подшипником *10*.

Волновой редуктор с двумя деформируемыми зубчатыми колесами (рис. 3, *в*) состоит из двухволнового генератора *1* принудительной деформации с гиким подшипником *2*. Гибкое колесо *3* выполнено в виде тонкостенного стакана и имеет неподвижное соединенне с ведомым валиком *5*. Опорное колесо *4* при помощи фланца закреплено неподвижно в корпусе редуктора *6*. В процессе работы генератор волн деформирует гибкое н частично опорное колесо, создавая тем самым необходимые условия для равномерного распределения нагрузки между зонами зацепления. Влияние эксцентриситета зубчатых колес и кулачка генератора в рассматриваемой конструкции исключается.

На рис. 3, *г* показан малогабаритный фрикционный конический волновой редуктор, предназначенный для лентопротяжного механизма. Электродвигатель *1* и фрикционный конический редуктор смонтированы в корпусе, состоящем из двух частей *2* и *9*. Валик электродвигателя *1* с закрепленным на нем генератором, состоящим из кривошипного валика *3* и шарнирного подшипника *6*, приводит в колебательное движение армированное резиной фрикционное колесо *4*. От проворачивания колесо *4* фиксируется двумя эластичными элементами *5*. Ведомое коническое колесо *7* закреплено на выходном валике *8*. Передаточное отношение редуктора $u = 100$.

**Лист 30.** Комбинированный редуктор с использованием разных типов передач показан на рис. 1. На рис. 2 приведена конструкция двухступенчатого мотор-редуктора с использованием цилиндрической зубчатой и волновой передач. На валике электродвигателя *1* закреплено зубчатое колесо *3* ($z = 28$, $m = 0{,}03$ мм), которое при помощи трех промежуточных колес *9* передает вращение на зубчатое колесо *6* с внутренними зубьями.

Особенностью колеса *6* является то, что по наружному диаметру оно представляет собой эллиптический кулачок двухволнового генератора принудительной деформации, на который насажен гибкий подшипнпк *5*. Генератор деформирует неподвижно закрепленное гибкое колесо *2* и вводит его в зацепление с жестким колесом *4*, изготовленным заодно с выходным валиком *7*, на котором закреплена шестерня *8* ($z = 14$, $m = 0{,}8$). Малоинерционность редуктора достигается применением в первой ступени зубчатых колес с малыми диаметрами окружностей колес.

На рис. 3 показана конструкция мотор-редуктора с зубчатой планетарной передачей и волновой зубчатой передачей. Микроэлектродвигатель *1* закрепляют на корпусе *2*. На валике электродвигателя установлена втулка *3*, с помощью которой передается вращение валику *4*, имеющему зубчатый венец-трибку. Трибка входит в зацепление с тремя зубчатыми колесами-сателлитами. Каждый сателлит представляет собой цилиндрический блок *6*, состоящий из зубчатого колеса с цилиндрическим роликом, закрепленным на валике *7*. Валик с закрепленным сателлитом свободно вращается в двух подшипниках, установленных в корпусе водила *5*. Водило *5* с тремя роликами цилиндрического блока *6* является трехволновым генератором свободной деформации. Ролики деформируют гибкое колесо *9* и вводят его в зацепление с жестким неподвижным колесом *8*. Гибкое колесо соединяется с выходным валиком *10*. Внутри гибкого колеса на участке зубчатого венца запрессовано гибкое кольцо *11*. Описанная конструкцня применена в лентопротяжном механизме.

Конструкция и кинематическая схема двухшкального механизма потенциометрической следящей системы (рис. 4) включает одноступенчатый волновой зубчатый редуктор *1* (ВЗР) с неподвижным гибким колесом и генератором волн свободной деформации. На выходном валу ВЗР закреплено колесо *7*, которое с помощью колеса *2* приводит во вращение валик. Правый конец валика установлен в подшипнике неподвижного центрального колеса *4* планетарной передачн. На водиле закреплена шкала точного отсчета (ШТО) *5*. Шкала грубого отсчета (ШГО) *3* закреплена на зубчатом колесе. На выходном валике, соединяемом муфтой *6* с исполнительным элементом аппарата, установлено зубчатое колесо. Для повышения точности установки исполнительного элемента в механизме применяется

многооборотный потенциометр (ПП).

**Лист 31.** Односкоростной механизм плавной настройки (рис. 1) собирают в корпусе, состоящем из основания *1* и платы *2*. Движение от электродвигателя *3* через пары зазоровыбирающих колес *4—5*, *6—7*, *8—9* передается на конденсатор переменной емкости (КПЕ) *10*, на оси которого установлена шкала *11* и кулачок *12*, служащий для аварийного выключения системы в крайних положениях с помощью микрокнопки *13*. Движение на тахогенератор *14* передается с зубчатого колеса *6* через зазоровыбирающее колесо *15*. Питание на механизм подается через распаечную колодку *16*. Тахогенератор в системе является датчиком скорости, обеспечивающим лучшую устойчивость системы при работе ее на повышенных скоростях. Погрешность электромеханической системы настройки лежит в пределах $\Delta\varphi_м = (5 \div 15)'$.

Конструкция редуктора азимута с реверсом выходного вала *1* (рис. 2) без реверса электродвигателя *6* обеспечивается включением зубчатых колес *8* или *10* с помощью соответствующей порошковой муфты *4* или *5*. В результате соединенное с ними колесо *2* получает необходимое направление вращения. Зубчатые колеса *7* и *9*, *8* и *10* имеют одинаковые параметры. С валом *3* двухступенчатой ускоряющей передачей связан тахогенератор *11*, входящий в систему обратной связи. Время реверсирования $t = 0{,}1 \div 0{,}05$ с.

Потенциометрический редуктор показан на рис. 3. В цепи привода этого редуктора использован типовой редуктор *1* с электродвигателем типа ДИД-0,5. На осях *III* и *V* установлены сдвоенные потенциометры *2* и *3* типа ПТП, соединенные между собой зубчатыми колесами. Корпус редуктора — двухплатный. Платы *4* и *5* изготовлены из алюминиевого сплава, стойки *6* — из стали. Валики *I—V* смонтированы на шарикоподшипниках с буртиками на внешних кольцах. Для защиты от внешних воздействий механизм закрыт кожухом *7*. На верхней плате редуктора установлены конденсатор типа МБМ для включения в цепь питания электродвигателя, контактный лепесток для заземления и монтажная колодка.

**Лист 32.** Универсальный редуктор рассчитан на привод от двигателя ДИД-0,5 ТА и имеет при малых габаритах диапазон передаточных отношений — от 31,3 до 33 077. Передаточные отношения обеспечиваются соответствующим набором узлов (3—10) — трибки с шестерней. При больших передаточных отношениях напряжение трогания двигателя с этим редуктором не более 0,6 В.

Редуктор собран на трех деталях *11*, *12*, *13*, которые штифтуются штифтом *14* ∅ 1 мм и скрепляются винтами М1,7 (поз. *15*). Для увеличения срока службы редуктора ось трибки (поз. *3*) установлена на камневых подшипниках (поз. *2*). На выходной оси редуктора (поз. *1*) установлено беззазорное зубчатое колесо.

Для соосной базировки элемента со стороны выходного вала на крышке может быть использован выступ диаметром *8h6*.

**Лист 33.** Электромеханические модули (ЭлММ) представляют собой набор функциональных электромеханических узлов, заключенных в однотипные корпуса, соединительные муфты, стаканы с одинаковыми присоединительными размерами (рис. 1, *а*, *в*, *г*; 2). При их использовании можно повысить надежность, сократить сроки разработки и изготовления, упростить конструирование, настройку и макетирование разрабатываемого изделия.

ЭлММ выполняют в виде параллелепипеда (рис. 1, *а*, *д*) или тела вращения (рис. 1, *в*). Прямоугольные корпуса могут соединяться как по боковым, так и по торцовым поверхностям (рис. 1, *б*). Узел из модулей крепят на плате с помощью лап на соединительных стаканах (рис. 3, *е*). При применении в узле комплектующих изделий (двигатели, сельсины и т. п.) их соединение с другими ЭлММ выполняется с помощью переходных стаканов (рис. 1—3).

На рис. 1, *е*, *ж*, *и* приведены примеры принципиальной и кинематической схем и компоновочный чертеж электромеханического устройства (ЭМУ) генератора пилообразного напряжения. Приставка для торцового соединения универсального редуктора с другими ЭлММ показана на рис. 3, *а*. Конструкция люфтовыбирающего редуктора приведена на рис. 3, *б*. Выбор люфта в зубчатом зацеплении редуктора осуществляется перемещением вдоль своей оси подвижных конических зубчатых колес с помощью набора прокладок.

В конструкции (рис. 3, *в*) возможно получение 15 типов мультипликаторов с передаточными отношениями $u = 2{,}454 \div 15{,}6$ за счет соответствующего выбора сочетаний зубчатых колес и трибок. Колеса зубчатые цилиндрические (рис. 3, *г*) служат в качестве промежуточных звеньев при передаче вращения от привода к исполнительным звеньям. Колеса разработаны двух типов с модулем $m = 0{,}5$ мм: обычные ($z = 72$; $z = 88$) и зазоровыбирающие ($z = 72$ и $z = 88$).

Универсальный редуктор для двигателей ДИД-1, ДИД-2, ДГ-1, ДГ-2 показан на рис. 3, *д*. Универсальность редуктора заключается в том, что технологически в одном корпусе в зависимости от заранее заданных сочетаний трибок и зубчатых колес без дополнительной механической обработки можно получить 99 типов редукторов с передаточными отношениями от 19,8 до 98 014,618. Механизм возврата показан на рис. 2. Возврат валика механизма в исходное или нулевое положение осуществляется пружиной кручения при снятии момента с оси привода. Максимальный угол поворота валика $165° \pm 5°$.

**Лист 34.** Механизм предохранительный в модульном исполнении (рис. 3) предназначен для ограничения углов поворотов валиков за счет размыкания электрической цепи с помощью микровыключателя МП-12 и кулачкового устройства.

Установочные механизмы (рис. 1, 2) предназначены для получения различных электрических импульсов в зависимости от угла поворота валика данного модуля. В программном механизме (см. рис. 1) получение различных по времени импульсов достигается применением специального кулачка и перемещением микропереключателя МП-12 в двух направлениях: вдоль оси механизма и по углу вращения. Угол замыкания микропереключателя при продольном его перемещении от 0 до 360°, погрешность угла замыкания и размыкания микропереключателя — не более 3°. На рис. 2 показан механизм согласования. Получение углового смещения электрических импульсов достигается перемещением по углу подвижного переключателя МП-12 относительно неподвижного. Угол замыкания МП-12 равен 10°, погрешность замыкания и размыкания микропереключателя — 3°.

Крестовые муфты согласования (рис. 4, *а*, *б*) используют для соединения элементов передачи.

Основные технические данные ЭлММ сведены в таблицу, приведенную на листе.

**Лист 35.** Винтовые механизмы. Применение винтового механизма для продольного смещения столика показано на рис. 1. Отсчетный барабан *4* жестко связан винтом *5*. При вращении барабана винт перемещает конусообразную деталь *6* в направляющей втулке *3*. На конусную поверхность детали *6* опирается палец *2*, с которым связан предметный столик *1*. В указанном механизме винт одновременно совершает вращательное и поступательное движения.

В конструкции механизма, представленного на рис. 2, вращательное движение барабана преобразовывается в поступательное движение гайки-каретки. Барабан *1* со спиральной канавкой *3* установлен на оси в кронштейне *2*. В канавку входит штырь *8* каретки *4*. Штырь вращается в насыпном подшипнике *7*, шарики удерживаются от выпадания втулкой *10*, которая фиксируется гайкой *9*. Каретка *4* перемещается по направляющим *6* при помощи роликов *5*. Винтовой механизм может работать от механического привода.

На рис. 3 показаны типовые конструкции дифференциальных винтовых механизмов. Ходовой винт *2* (рис. 3, *а*) имеет две резьбы с разными шагами $P_1$ и $P_2$ одинакового направления. Гайка *3* неподвижна.

При вращении винт *2* поступательно перемещается по резьбе $P_2$. Вместе с винтом относительно его резьбы с шагом $P_1$ поступательно в направляющих *4* перемещается и каретка *1*. Таким образом каретка *1* смещается вместе с ходовым винтом по резьбе $P_2$ и в обратном направлении по резьбе $P_1$. Следовательно, суммарное перемещение каретки пропорционально разности шагов $P_2 = P_1$. Это позволяет получить весьма малые линейные перемещения каретки при относительно большом угле поворота ходового винта.

Особенностью конструкции дифференциального винтового механизма, представленного на рис. 3, *б*, является выполнение двух резьб с различными шагами $P_1$ и $P_2$ на одной втулке. Втулка служит ходовым винтом для резьбового соединения с шагом $P_1$ и одновременно является гайкой для резьбового соединения с шагом $P_2$. В результате конструкция винтового механизма является более компактной.

Применение винтового механизма в конструкциях регулируемых ножек приборов показано на рис. 4. Винт *1* (рис. 4, *а*) ввертывают в основание прибора *3* и после регулирования положения последнего ножку его стопорят гайкой *2*. Башмак *4* с подклеенной подошвой *5* устанавливают на стол, что исключает порчу

поверхности стола при вращении винта. Если основание *6* прибора (рис. 4, *б*) имеет недостаточную толщину, то с ней жестко соединяют специальную резьбовую втулку *1*, в которую ввертывают винт *3*. Для вращения винта используют накатанную шайбу *4*, прикрепляемую к винту при помощи штифта *5*.

На рис. 4, *в* сферический конец винта опирается на сферическую выемку в башмаке. Шарнирное соединение обеспечивает самоустанавливаемость ножки; горизонтальное положение основания прибора возможно даже при наклонах поверхности стола вида 3—5°.

Применение винтового механизма в регулируемой стойке показано на рис. 5. Грубое вертикальное перемещение стойки осуществляется ручной установкой штанги *2* в направляющей втулке *3* с закреплением в отрегулированном положении винтом *1*. Точное вертикальное перемещение стойки осуществляется вращением гайки *4*, перемещающей по резьбе втулку *3* вместе со штангой *2*. Стопорный винт *5*, входя в паз втулки *3*, предохраняет ее от проворачивания.

На рис. 6 представлены конструкции типовых устройств для выборки зазора в винтовых соединениях радиальным способом по среднему диаметру резьбы. Гайка *1* полностью разрезана (рис. 6, *а*) и четыре винта *3* обеспечивают охват разрезной гайкой ходового винта *2*. Винт *4* — стопорный. Для более равномерной выборки зазора по всей окружности резьбы ходового винта используют разрезные гайки типа цанги (рис. 6, *б*). Пример применения гайки-цанги показан на рис. 3, *а* (гайка *3*).

Зазоровыбирающие устройства, обеспечивающие однопрофильное замыкание в резьбе винтовых механизмов, выполняют при помощи пружин сжатия или растяжения. Примеры подобных устройств показаны на рис. 1 и на рис. 3, *а*.

На рис. 7 показаны типовые конструкции устройств, обеспечивающих выборку осевого зазора в обе стороны при одновременном контакте правых и левых профилей резьбы ходового винта. Кронштейн *2* (рис. 7, *а*) надевают на ходовой винт *4*, а две полугайки *1* и *3* навинчивают на ходовой винт до упора в кронштейн. Положение гаек фиксируют стяжными винтами *5*. Эти полугайки действуют в противоположные стороны вдоль оси винта, как бы растягивая его. На рис. 7, *б* показано аналогичное устройство, но в качестве элемента, устраняющего осевой зазор, применена резиновая шайба *4*, затяжка которой осуществляется гайкой *2*. Для фиксации величины затяжки на образующей гайки *2* выполнено рифление, куда входит зуб защелки *1*. Металлическая шайба *3* предотвращает скручивание резиновой шайбы *4*.

Устройство, обеспечивающее выборку осевого зазора посредством сжатия витков ходового винта, показано на рис. 7, *в* — жесткое, а на рис. 7, *г* — упругое; усилие пружины *2* регулируется винтом *1*.

На рис. 8 показаны устройства выборки зазора в резьбе с помощью двухрезьбовой втулки *2*.

При вывинчивании двухрезьбовой втулки *2* из гайки *1* (рис. 8, *а*), имеющей разные шаги $P_1$ и $P_2$, создается усилие растяжения для витков винта *3*, а при ввинчивании втулки *2* — усилие сжатия витков. Введение дополнительной контргайки *4* (рис. 8, *б*) предотвращает возможность чрезмерной затяжки втулки *2* и облегчает разборку соединения.

**Лист 36.** Выбор типа рычага рычажно-шарнирного механизма производится по табл. 1.

Таблица 1

| Тип рычага | Рисунок | Осевая жесткость | Поперечная жесткость | Масса | Технологичность |
|---|---|---|---|---|---|
| Стержневой | 1, *а* | — | — | +++ | +++ |
| Пластинчатый | 1, *б* | ++ | — | ++ | ++ |
| Объемный | 1, *в* и *г* | +++ | +++ | — | — |
| Профильный | 1, *д* | +++ | +++ | + | + |

Примечание. Наиболее предпочтительный вариант обозначен +++.

На рис. 2 представлены конструктивные варианты соединения рычагов (*d* — диаметр оси).

Регулировка передаточного отношения рычажно-шарнирного механизма осуществляется изменением рабочих длин рычагов. В пластинчатом рычаге делают несколько отверстий для возможного соединения с другим пластинчатым (рис. 3, *а*) или со стержневым (рис. 3, *б*) рычагом. Иногда на пластинчатом рычаге делают петлю (рис. 3, *в*), деформируя которую изменяют рабочую длину рычага. Осевая жесткость рычага при этом уменьшается. Лучшим, но более сложным является вариант, приведенный на рис. 5. Большой чувствительностью регулировки характеризуется вариант на рис. 6, в котором для перемещения винта-оси *1* используется регулировочный винт *2*, передвигающий ползун *4* в прорези рычага *3*. После регулировки соединение закрепляется гайкой *5*. Для изменения длин объемных рычагов применяют винтовой зажим (рис. 4). Перемещением стержня *1* в отверстии хомута *3* при ослабленном винте *2* регулируют размер *L*.

Толкатель синусного механизма может быть выполнен ступенчатым (рис. 7, *а*), гладким (рис. 7, *в*), а при больших перемещениях — составным (рис. 7, *б*). Рычаг может быть пластинчатым (рис. 7, *а*), стержневым (рис. 7, *б*, *в*) и объемным (рис. 9).

Элементы тангенсного механизма показаны на рис. 8.

Рычаг механизма может быть пластинчатым (рис. 8, *а*) и объемным (рис. 8, *б*). Применение винтового зажима позволяет изменять угол $\alpha_0$ (рис. 8, *б*) тангенсного механизма при регулировке приборного устройства в собранном виде.

При серийном производстве иногда совокупность нескольких механизмов выполняют на основе сложной штампованной детали (рис. 9). Представленный на рисунке механизм совмещает синусный (*а*) и поводковый (*б*) механизмы. В поводковом механизме (рис. 10) регулировка передаточного отношения осуществляется с помощью регулируемых в осевом направлении опор (рис. 10, *а*) или деформацией одного из поводков (рис. 10, *б*).

Кулисный механизм (рис. 11) может выполняться как без регулировки передаточного отношения (рис. 11, *а*), так и с его регулировкой при помощи изменения длины *с* кривошипа (рис. 11, *б*). На палец кривошипа для уменьшения трения между кривошипом и кулисой можно посадить вращающийся ролик *1* (рис. 11, *в*) или подшипник качения *2* (рис. 11, *г*).

**Лист 37.** Примеры оформления рабочих чертежей кулачков показаны на рис. 1 и 2.

На рис. 3—10 приведены схемы рычажно-шарнирных механизмов.

Кулисный механизм (рис. 3) позволяет при вращательном движении кривошипа *AB* (на участке *a*—*b*—*c* траектории точки *B*) получить траекторию точки *D* (на участке *a′*—*b′*—*c*), близкую к прямолинейной.

Сдвоенный кривошипно-ползунный механизм (рис. 4) предназначен для преобразования поступательного перемещения ползуна *B* в направлении *a* в поступательное перемещение звена *CD* в направлении *b*.

Шарнирно-рычажный четырехзвенный механизм (рис. 5) позволяет получить движение точки *D* по прямой *a′*—*b′*—*c′* при вращательном движении кривошипа.

Качательное движение коромысла *CD* при круговом вращении кривошипа *AB* можно получить, используя четырехзвенный шарнирный кривошипно-коромысловый механизм (рис. 6). Механизм может быть использован как счетчик числа оборотов кривошипа *AB*.

Представленные на рис. 7 и 8 механизмы являются сдвоенными симметричными рычажными механизмами, позволяющими получить на выходе перемещения, не зависящие от положения ведущего звена.

В реле и коммутирующей аппаратуре применяют рычажно-шарнирные механизмы с упругодеформируемыми звеньями (рис. 9 и 10). Звено *AB* представленных механизмов содержит упругий элемент (пружину сжатия), который обеспечивает однозначность положения механизма и одновременно является аккумулятором энергии. Под действием усилия *P* (рис. 9) ползун *3* достигает положения *B′*. Система скачком перебрасывается в положение *OA′B′*. Рычаг *OA* отрывается от упора *1* и прижимается к упору *2*. При снятии усилия ползун *3* перемещается пружиной *4* вверх и в положении *B″* происходит обратное срабатывание.

Срабатывание механизма (рис. 10) происходит в момент, когда при перемещении толкателя *3* ось рычага *BC* совпадает с осью рычага *ABD*. Система переходит в положение *D′B′C′O*. Для возврата служит пружина *4*. Обратное срабатывание происходит, когда точка *C* займет положение *C″*. Механизм позволяет получить значительно меньший дифференциальный ход *D* ползуна (приводного элемента). В варианте на рис. 9 $D = B'B''$, а в варианте на рис. 10 $D = K'K''$.

**Лист 38.** Тип наконечника толкателя кулачкового механизма выбирают в зависимости от формы кулачка и величины усилия на толкателе. Остроконечные (рис. 1, *а*, *б*, *в*) применяют при малом усилии. Радиус скругления $r_{конт} < r < r_{погр}$, где $r_{конт}$ — величина

скругления, полученная из условия обеспечения контактной прочности, а $r_{погр}$ — максимально допустимый радиус из условия минимизации погрешности при реализации заданной функции. Сферические наконечники (рис. 1, *г*, *д*, *е*) прочнее остроугольных. Из условия отсутствия заострения профиля кулачка $r \leqslant 0{,}7\rho_{min}$, где $\rho_{min}$ — наименьший радиус кривизны теоретического профиля. При выполнении толкателя из твердых закаливаемых сталей наконечники выполняют заодно с толкателями (рис. 1, *а*, *г*). Вариант на рис. 1, *б* используется при необходимости смены наконечника при эксплуатации. При значительных нагрузках применяется роликовый наконечник, устанавливаемый как консольно (рис. 2, *а*), так и симметрично (рис. 2, *б*). Вариант на рис. 2, *б* имеет бо́льшие габариты, но отличается и большей жесткостью. Требование контакта по линии между кулачком и роликовым наконечником приводит к жестким допускам на корпусные детали или к необходимости применения больших зазоров в соединении ролика с его осью, а это приводит к появлению погрешности в ходе толкателя. Противоречие устранено в вариантах на рис. 2, *в* и *г*. На рис. 2, *в* применен сферический самоустанавливающийся подшипник, а на рис. 2, *г* с той же целью на наружное кольцо радиального шарикоподшипника *1* насажена бочкообразная втулка *2*. Плоские наконечники на рис. 1, *в*, *д* (изображены штриховыми линиями) характеризуются наибольшей прочностью, но используются с кулачками, имеющими только положительную кривизну (рис. 12). В ином случае между толкателем и кулачком необходимо вводить дополнительный элемент (поз. *5* рис. 10).

При больших ускорениях и угловых скоростях для предотвращения размыкания кулачка и толкателя применяют геометрическое замыкание (рис. 12). На рис. 3 показаны конструкции пазового кулачка и роликового наконечника, исключающие скольжение ролика и его реверсирование при изменении направления движения толкателя.

В конструкции ролнкового наконечника (рис. 4) возможно изменением расстояния $L$ между осями роликов регулировать время выстоя толкателя, а перестановкой роликов по пазу без изменения расстояния $L$ регулировать время подъема и опускания толкателя.

При использовании кулачкового механизма в паре с микровыключателями применяются толкатели в виде коромысла *2* (рис. 5), подвижно закрепленного на оси *4*. Кроме съема функциональной зависимости с кулачка коромысло *2* обеспечивает согласование между кулачком и приводным элементом *7* микровыключателя *3*; направление силы толкающего устройства не должно отклоняться более чем на 3° от оси приводного элемента микровыключателя. Регулировка момента срабатывания обеспечивается винтом *6*. Контакт между коромыслом *2* и кулачком *1* осуществляется винтовой пружиной кручения *5*. В данной конструкции возможно осуществление блочной компоновки микровыключателей для работы с блоком кулачков, выполненных по варианту на рис. 7.

Крепление кулачков на валах осуществляется так же, как и зубчатых колес. Специфика конструкций на рис. 6 и 7 такова, что возможно осуществление поворота одного из пары соосно установленных кулачков, изменяя таким образом закон движения толкателя. Пример крепления двух кулачков на консольно закрепленном червячном колесе показан на рис. 8. Кулачки *1* и *2* крепятся с помощью прижимных шайб *5* и *9* и трех винтов *4* и *7*. Кулачок *2* присоединяется к червячному колесу *3*, а кулачок *1* — к опорной втулке *6*, соединеиной со ступицей червячного колеса профильным соединением. Для предохранения втулки от прогиба при затяжке винтов *7* поставлены втулки *8*.

На рис. 9 показано закрепление на оси контактного кулачка, который одновременно выполняет роль программного подвижного контакта. Кулачок крепится на оси *5* винтами *4*. Втулка *3* заформована в тело кулачка *2*, выполненного из пресс-порошка. Контактная пластина *1* соединена с кулачком заклепками. Программа формируется при помощи прорезей *А*, осуществляемых после сборки. Ток подводится к пластине *6* и передается на пластину *1* через заклепки *7*.

Храповой механизм с приводом от кулачка показан на рис. 10. Перемещение храпового колеса *1* осуществляется за счет усилия сжатия пружины *2*, изгиб которой осуществляется кулачком *3* через коромысло *5*, на котором жестко закреплен палец *4*.

Кулачковый механизм с большим ходом толкателя без увеличения угла давления показан на рис. *11*. Движение на кулачок *3* передается через зубчатую пару *2* и *6*. Колесо *2* и кулачок *3* жестко закреплены на оси *7*, которая, в свою очередь, подвижно закреплена в рычаге *5*. Ход толкателя *1* определяется суммой подъема (опускания) самого толкателя относительно оси *7* и подъема (опускания) оси *7* относительно неподвижно закрепленного ролика *4*.

На рис. 12, *а* представлена конструкция механизма установки стрелки *4* электроизмерительного прибора в нулевое положение. При повороте эксцентрика *1* рамка *2* вращается вокруг оси *О*, изменяя угол закручивания спиральной пружины *3*, наружный конец которой припаян к рамке *2*. Диаметральный кулачковый механизм с кулачком *1*, построенным на базе равностороннего треугольника, показан на рис. 12, *б*. Рамка *2* совершает возвратно-поступательное движение с остановками. На рис. 13 показаны способы передачи движения от кулачка. При малых усилиях используется шариковая передача (рис. 13, *а*), а при больших — сильфонная передача (рис. 13, *б*).

**Лист 39.** Зубчатые храповые механизмы (рис. 1, *а*—*в*) широко используются в приборостроении. Они точны, компактны, но работают при небольших скоростях ведущего вала, так как их включение сопровождается ударами собачки о зубья. Фрикционные храповые механизмы (рис. 1, *г*—*ж*) применяются при средних и больших угловых скоростях ведущего вала. В них за счет скольжения смягчаются толчки при включении и выключении ведомого звена.

Симметричная форма зубьев (рнс. 2, *в*) используется в реверсивных механизмах, несимметричная (рис. 2, *а*, *б*, *г*—*е*) — в нереверсивных. Заостреиные зубья чаще применяют при небольших крутящих моментах.

Способ силового замыкания в храповом механизме (рис. 3, *а*—*ж*, *и*), конструкцию собачки (рис. 3, *а*—*ж*, *и*; 7, *а*, *б*) и ее прижимной пружины, вид опоры собачки (рис. 5, *а*—*г*) и расположение оси собачки относительно окружиости зубьев колеса (рис. 4) выбирают с учетом окружных сил и конструктивных требований.

Примеры конструкций храповых механизмов: стопорное устройство для точной регулировки зазора между платами *1* и *2* (рис. 6); храповой механнзм электрических часов с толкающей *1* и тянущей *2* собачками (рис. 7, *а*); храповой механизм пишущей машинки с собачкой, ось которой перемещается прямолинейно (рис. 7, *б*); шаговый двигатель с двумя толкающими собачками (рис. 8, *а*—*г*).

**Лист 40.** Мальтийский механизм с внешним зацеплением (рис. 1) часто применяется в оптических, периферийных и других устройствах. Механизм с внутренним зацеплением (рис. 2) работает с меньшими угловыми ускорениями креста, чем механизм с внешним зацеплеиием (при одинаковом числе пазов креста), но более сложен в изготовлении и монтаже. Установка двух цевок на кривошипе (рис. 3) увеличивает скорость креста в 2 раза.

Передачу вращения под прямым углом (рис. 4) можно осуществить с помощью сферического пространственного механизма. Фиксация производится секторным цилиндрическим фиксатором. Использование такого механизма вместо плоского упрощает схему привода.

Среди приведенных конструкций мальтийских крестов (рис. 5—9) можно выделить наиболее простые: конструкция — выполненная заодно с валом (рис. 7); сборная, четырехлопастная (рис. 8); без прорезей для фиксатора (рис. 9).

Ролики цевки кривошипа мальтийского креста (рис. 10) выполняют либо с трением скольжения (рис. 10, *а*), либо с трением качения (рис. 10, *б*).

Примеры использования мальтийского механизма: в устройстве подачи перфокарт (рис. 11, *а*—*е*), в механизме грубого переключения шкалы отсчетного устройства (рис. 12).

# 8. ОГРАНИЧИТЕЛИ, ЗАЖИМЫ И ФИКСАТОРЫ

**Лист 41.** На рис. 1 приведены следующие типовые конструкции ограничителей движения.

1. Электромеханический винтовой ограничнтель движения (рис. 1, *а*). Винт *1* механизма совершает вращательное, а гайка *4* с выступами — поступательное движение. С винтом жестко связаны кольца *2* и *3*, которые вращаются вместе с винтом. На кольцах *2* и *3* и гайке *4* имеются ограничительные выступы. При крайних положениях гайки ее выступы упираются в

выступы колец, чем обеспечивается механическое ограничение движения гайки. При подходе к этому положению гайка размыкает контакты *5* и *6* в зависимости от направления вращения винта *1*, в результате чего разрывается цепь питания электродвигателя.

2. Механический ограничитель вращения с кулачковыми шайбами (рис. 1, *б*). С валом *1* жестко связано кольцо *2*. Своим выступом кольцо *2* приводит в движение крайнюю левую кулачковую шайбу *5*, которая своим кулачком захватывает соседнюю шайбу *6* и так далее, пока крайняя правая шайба *4* не упрется своим выступом в выступ упорного кольца *3*, жестко связанного с корпусом прибора.

3. Ограничитель движения с кулачковыми шайбами и мальтийским крестом (рис. 1, *в*). На неподвижном валу *1* свободно вращается мальтийский крест *2*. Выступ креста ведет кулачковые шайбы *3* до встречи с выступом упорной втулки *4*, которая жестко закреплена на валу *1*. Мальтийский крест приводится во вращение от поводка *5*, закрепленного на ведущем валу *6*. В исходном положении палец поводка *5* следует установить так, чтобы он лежал в плоскости, проходящей через оси валов *1* и *6*.

4. Механический зубчато-кулачковый ограничитель движения (рис. 1, *г*). Он состоит из колес *1* и *2*, на которых жестко укреплены кулачки $K_1$ и $K_2$, позволяющие вращаться колесам лишь в определенных пределах, зависящих от соотношения числа зубьев обоих колес и размеров кулачков. Такой ограничитель вследствие простоты конструкции, компактности и большого диапазона работы находит широкое применение в приборостроении.

На рис. 2 показаны типовые зажимы для крепления штанг и кареток с цилиндрическими рабочими поверхностями: в виде винта, упирающегося в цилиндрическую поверхность штанги (рис. 2, *а*); в виде винта и лыски на штанге (рис. 2, *б*); в виде винта-шпонки (рис. 2, *в*); с разрезным пояском (рис. 2, *г*); с помощью двух втулок, стягиваемых винтом (рис. 2, *д*); в виде цанги (рис. 2, *е*); с помощью двух губок *1*, установленных на одной оси *2* (рис. 2, *ж*). При вращении гаек *3* губки сходятся или расходятся в зависимости от направления вращения с помощью эксцентриковой ручки *1*, при повороте которой смещаются корпус *2* и колодка *3*, имеющая радиус кривизны поверхности, равный радиусу кривизны зажимаемой детали *4* (рис. 2, *и*); с помощью конусообразной детали *1*, смещающейся от рукоятки *2* и сжимающей щечки хомута *3* (рис. 2, *к*).

На рис. 3 показаны зажимные устройства для закрепления кареток и ползунов с плоскими рабочими поверхностями: с помощью сухаря (рис. 3, *а*); с помощью сухаря с принудительным движением (рис. 3, *б*), для чего на цилиндрической поверхности винта изготовлена кольцевая проточка, в которую входит конец стопорного винта; в виде ползунка *2*, который смещается от штифта *1* и зажимает деталь *3* (рис. 3, *в*); с помощью щечек *1* и *2*, которые получают смещение от рукоятки *3* и при сближении зажимают деталь *4* и (рис. 3, *г*).

На рис. 4, *а—е* показаны конструкции фиксирующих устройств, а на рис. 4, *ж* — пример использования шарикового фиксирующего устройства в конструкции рукоятки управления.

# 9. ОТСЧЕТНЫЕ УСТРОЙСТВА

**Лист 42.** Типовые конструкции и основные размеры стрелок, используемых в качестве указателя или индекса в отсчетных устройствах, показаны на рис. 1, *а*, типовые способы крепления стрелок на валах — на рис. 1, *б*, конструкции и размеры заготовок для изготовления шкал — на рис. 2, *а, б*, а способы крепления шкал — на рис. 3, *а, б*. Крепление на валу производят штифтом, а от осевого смещения шкала предохраняется специальной гайкой (рис. 3, *а*).

Одношкальный механизм с подвижной шкалой показан на рис. 4. Шкала *3* при помощи шайбы *8* крепится на валу *2* и вращается вместе с ним. Индекс *1* неподвижен. Для ручного поворота шкалы на заданный угол необходимо нажать на кнопку *6*, при этом трибка *5* войдет в зацепление с зубчатым колесом *4*. Для возвращения кнопки *6* в исходное положение служит пружина *7*.

В двухшкальном механизме (рис. 5) шкалы *2* грубого и *1* точного отсчетов получают одновременно вращение от входного конического колеса *3*. Индексы *4* закреплены на плате *5* неподвижно. Передача движения осуществляется через зубчатые колеса с числами зубьев $z_1 = 20$, $z_2 = 200$, $z_3 = 20$ и $z_4 = 140$, так что передаточное отношение $u = 70$.

Кинематическая схема и конструкция двухшкального планетарного отсчетного устройства даны на рис. 6. Ведущий барабан *2* со шкалой грубого отсчета, водило *7*, ось сателлитов *3* и *6*, червяк *4* одновременно поворачиваются от рукоятки *9*. Сателлиты *3* и *6* обкатываются по неподвижному колесу *5* и ведомому колесу *8*, соединенному с барабаном со шкалой *1* точного отсчета. Передаточное отношение механизма равно

$$u = \frac{1}{\left(1 - \frac{z_5 z_6}{z_3 z_8}\right)}.$$

На рис. 7 представлены типовые конструкции винтовых отсчетных устройств. Винт *1* (рис. 7, *а*) вращается от зубчатого колеса *2* в подшипниках. На винте жестко укреплен стакан *4* с круговой шкалой точного отсчета. По винту перемещается гайка *5* с линейной шкалой грубого отсчета. От проворачивания гайки используют штифт *3*, входящий в прорезь гайки. С гайкой, как правило, связывают узел приборного устройства, смещение которого необходимо измерить.

В конструкции на рис. 7, *б* ходовой винт *3* получает вращение от трибки *2*, вращающейся в подшипниках, установленных в кронштейне *1*. Гайка *4*, выполненная в виде зубчатого колеса, жестко скреплена с барабаном *6* и перемещается вдоль оси винта *3*. На поверхности барабана нанесена спиральная шкала, а на кронштейне закреплена неподвижная стрелка *5*. Число оборотов шкалы зависит от длины трибки *2* и шага резьбы винта *3*.

# 10. МУФТЫ

**Лист 43.** Для постоянного соединения (между собой в длину) валов применяют глухие муфты следующих типов: а) втулочные, *б*) поперечно-свертные, в) продольно-свертные, для муфт требуется соосность соединяемых валов.

Поперечно-свертные муфты (рис. 1) состоят из двух полумуфт, каждая из которых представляет диск со ступицей для насадки на вал. Соединение полумуфт осуществляется болтами. Полумуфта с валом может соединяться шпонкой, шлицами, посадкой с гарантированным натягом или штифтами. Применяется соединение фланцев с валом завальцовкой (рис. 1, *г*) и сваркой (рис. 1, *д*). В конструкции может быть предусмотрено (рис. 1, *б, в*) или не предусмотрено (рис. 1, *а*) центрирование валов. Для центрирования валов в одной полумуфте может быть предусмотрен центрирующий буртик, а в другой — впадина. При сборке центрирующий выступ должен точно входить во впадину, поэтому плоскость разъема полумуфты должна быть строго перпендикулярна к оси вала. На рис. 1, *в* показана поперечно-свертная муфта для больших передаваемых моментов. Имеются конструкции, допускающие продольное смещение валов: на рис. 1, *е* с направляющим буртиком, а на рис. 1, *и* без него. При необходимости быстрого разъединения муфты используется отжимной подпружиненный палец (рис. 1, *ж*). Дисковая муфта допускает вращение валов в любом направлении (каждая из полумуфт может быть ведомой и ведущей).

**Продольно-свертные муфты** состоят из двух полумуфт, плоскость разъема которых проходит через ось вала. Между полумуфтами имеется зазор, позволяющий производить затяжку полумуфт болтами. На рис. 2, *а—в* показаны различные конструкции таких муфт. Муфта рис. 2, *а* предназначена для больших передаваемых моментов. На рис. 2, *г, д* показаны продольно-свертные муфты с крючками и соединительными винтами.

**Втулочные муфты** (рис. 3). Втулка закрепляется на концах соединяемых валов по посадкам $\frac{H7}{f7}$, $\frac{H7}{e8}$,

а при небольшой несоосности валов до $\frac{H7}{h6}$. Втулка крепится на валу: цилиндрическими (рис. 3, *а*) или коническими (рис. 3, *б*) штифтами, которые от выпадения удерживаются пружинными кольцами (рис. 3, *в*); призматическими (рис. 3, *е*) или сегментными (рис. 3, *ж*) шпонками; винтами (рис. 3, *и*), посадкой с гарантированным натягом (рис. 3, *д*), за счет упругости самой втулки (рис. 3, *г* — резиновой, рис. 3, *к* — разрезной) или сухариком (рис. 3, *м*). Иногда применяется втулка с разрезами и коническими кольцами (рис. 3, *л*). Конструкция управляемой втулочной муфты показана на рис. 3, *н*.

**Расширительные муфты** (рис. 4) предназначены для компенсации осевого смещения валов. Для этих муфт также требуется соосность соединяемых валов. Ведомая и ведущая части расширительных муфт могут выполняться заодно с валиками (рис. 4, *а*, *б*, *в*, *е*, *к*, *л*) или же втулка может изготовляться отдельно от них и крепиться штифтом (рис. 4, *г*, *д*, *ж*, *и*), или с помощью посадки с гарантированным натягом (рис. 4, *л*).

**Лист 44.** Поводковые муфты применяются для компенсации радиального смещения валов. Муфта состоит из двух поводков (или фланцев) со ступицами, с помощью которых поводки насаживаются на концы валов.

На рис. 1 показан простейший поводок, получаемый гибкой концов ведущего и ведомого валов. На рис. 2—5 приведены различные конструкции простых поводковых муфт, на рис. 6 — поводковая муфта с двумя поводками, на рис. 7 и 8 — конструкции облегченных поводковых муфт.

Ряд конструкций поводковых муфт обеспечивает быстрое сцепление и расцепление валов. В муфтах на рис. 9 и 10 поводок *2* перемещается по направляющей, образованной половинкой муфты *3*, под действием пружины *1*. В муфте на рис. 11 поводок *3* закреплен на кольцевой пружине *2*, соединенной с полумуфтой *1*. Муфта на рис. 12 состоит из дисков *1* и *3*, закрепленных на валах, и откидной рамки *2* с поводком *6*. Под действием пружины *5* рамка *2* поворачивается относительно оси *4* и вводит поводок *6* в паз диска муфты *3*. Штифт *7* ограничивает перемещение рамки.

Основной недостаток поводковых муфт заключается в наличии мертвого хода, возникающего из-за зазора между поводком и пазом. Для компенсации возникающей при этом погрешности в угле поворота ведомого вала применяют пружинные прижимы. В муфтах на рис. 13, 14, 16 зазор выбирается плоскими пружинами, в конструкции на рис. 15 — пружиной, работающей на кручение, в конструкции на рис. 17 — винтовой пружиной растяжения, а на рис. 18 — винтовой пружиной сжатия.

Поводковая плавающая муфт на рис. 19 состоит из полумуфт *1* и *2*, установленных на валах. Полумуфта *1* имеет два выреза, а полумуфта *2* — два выступа. Два выступа крестовины *3* входят в прорези полумуфты *1*, а выступы полумуфты *2* входят в прорези, которые имеются на крестовине *3*. Пружина *4* служит для фиксации положения крестовины *3*. Поводковая муфта на рис. 20 применяется для передачи вращения через закрытую стенку, разделяющую две среды. Ведущий вал *1* находится в среде *А*, а ведомый *3* — в среде *Б*. Среды разделены эластичной диафрагмой *2*. В мембране имеется глухой цилиндрический выступ, облегающий наклонный палец вала *3*. Снаружи цилиндрический выступ диафрагмы закрыт колпачком *5*, входящим в паз *а* фланца, которым оканчивается вал *1*. Ширина паза *а* равна диаметру колпачка. При вращении вала *1* паз *а* изгибает выступ диафрагмы, который увлекает палец *4* и приводит во вращение вал *3*. Металлическая втулка *6* применяется для предохранения мембраны от износа.

**Лист 45.** Упругие муфты предназначены для передачи крутящего момента, компенсации возможных смещений валов, для амортизации ударных нагрузок и для гашения колебаний валов за счет упругой деформации элемента. В конструкции муфты имеется упругий элемент, осуществляющий упругую связь ведущей и ведомой частей муфты. В качестве упругого элемента используется резиновая втулка (рис. 1), винтовая (рис. 3) или плоская пружины (рис. 4), или резиновая вставка, привулканизированная к торцам соединяемых валов (рис. 2).

Широко применяется резинометаллическая муфта (рис. 5). Она состоит из двух одинаковых половин *2* и кожаной или резиновой прокладки *3*. Каждая из полумуфт представляет собой металлический диск, выполненный за одно целое со ступицей. В диске имеется по два пальца. Прокладка *3* имеет четыре отверстия, расположенных на взаимно перпендикулярных диаметрах, куда и входят пальцы *1* полумуфт.

Упругая муфта (рис. 6) служит для быстрого включения и выключения. На одной из половин она имеет рычаги *1*, которые можно поворачивать вокруг осей *2* и устанавливать в двух фиксированных положениях с помощью пружины *4*. Эти положения соответствуют включению и выключению муфты. В упругой прокладке *3* для рычагов имеются специальные пазы.

На рис. 7—10 представлены конструкции упругих втулочно-пальцевых муфт. Они хорошо амортизируют вибрации и заглушают шум. Конструкция состоит из двух полумуфт, связанных между собой шпильками. В одной из полумуфт шпильки закреплены жестко при помощи гаек, а в другой концы шпилек сидят в амортизирующем элементе: на рис. 7 — в цилиндрическом сплошном, на рис. 8 — цилиндрическом наборном, на рис. 9 — в наборном из шайб треугольного профиля, на рис. 10 — в сферических. Конструкция (рис. 10) представляет собой объединение упругой муфты с муфтой свободного хода, что исключает возможность обратного вращения втулки полумуфты, сидящей на ведомом валу.

Мембранные муфты применяют для безлюфтового соединения валов, имеющих несоосность (до 1 мм) и небольшие перекосы осей (2—3°). Эти муфты используют в отсчетных передачах.

Одинарная муфта (рис. 11) состоит из двух вилок *1*, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и наглухо насаженных на валы, и мембраны *2*, с помощью которой вилки соединяются между собой. Передаточное отношение муфты в течение одного оборота переменно. Для устранения этого недостатка применяют двойную муфту (рис. 12, 14). В конструкции (рис. 14) промежуточный валик отсутствует, а вместо двух промежуточных вилок поставлена одна общая вилка. При изготовлении последней из токонепроводящего материала получают муфту, позволяющую электрически изолировать ведомый валик от ведущего.

Для получения больших смещений валов (3—5°) применяют муфты с S-образными мембранами (рис. 15 и 16). Применяется муфта и с крестовидной мембраной (рис. 13).

В качестве упругой используется муфта с кольцом из прорезиненной ткани (рис. 17). В муфтах в качестве упругого элемента используется прорезная пружина (рис. 18) или сильфон (рис. 19, 20). У сильфонной муфты мал упругий мертвый ход.

**Лист 46.** Крестовые муфты (муфты Ольдгема) применяют в случае, когда параллельные валы смещены друг относительно друга на небольшое расстояние. Разновидности муфт представлены на рис. 1. Они используются при частотах вращения до 300 мин$^{-1}$. Крестовые муфты выполняют в виде двух закрепляемых на валах дисков с пазами (или гребнями), между которыми помещается подвижная часть муфты. Гребни могут выполняться в виде пальцев (рис. 4, 5). Конструкции муфт представлены на рис. 2—5.

Крестовые муфты с невыпадающей крестовиной (рис. 6, 7) используют при необходимости соединения узлов с полумуфтами в труднодоступном месте. Такая муфта (рис. 7) имеет невыпадающую крестовину *2*, удерживаемую на полумуфте *1* пружинным кольцом *5*. Коническая пружина *4* сообщает осевое перемещение полумуфте *1* с крестовиной *2* в момент соединения с полумуфтой *3*.

Для уменьшения погрешности в передаче угла используют крестовые муфты с выбором мертвого хода пружинами (рис. 8—9).

Шарнирные муфты применяют для соединения валов, расположенных под углом друг к другу. Муфта состоит из трех частей: двух вилок и крестовины. Вилки наглухо насажены на ведущий и ведомый валы. Каждая из вилок шарнирно соединена с крестовиной. Вращательное движение от ведущей вилки через крестовину передается ведомой вилке. Обычно шарниры вилок составляют между собой угол 90°.

Широкое применение нашли шариирные муфты, у которых геометрические оси валов пересекаются в одной точке. Конструкции муфт показаны на рис. 10—22. В качестве крестовины используют шар (рис. 10), кольцо (рис. 15), цилиндр (рис. 18) и диск (рис. 19).

Муфты рис. 21 и 22 допускают также и продольное смещение валов.

Карданные валики соединяют валы, несоосно расположенные и на значительном расстоянии. Необходимо при этом выполнить два условия: оси соединяемых валов должны быть параллельны, а вилки среднего карданного валика должны лежать в одной плоскости.

Карданные валики работают при рабочих углах до 15°.

На рис. 23, *а* показан жесткий карданный валик, имеющий слева разъемный, а справа неразъемный шарниры. На рис. 23, *б* представлена конструкция карданного валика для передачи значительных моментов, а на рис. 23, *в* — валик для соединения валов с относительными смещениями в процессе работы.

Разъемный карданный валик (рис. 24) состоит из трубки *1*, имеющей утолщенную часть *2* с клиновой прорезью, необходимой для фиксации штифта *3*. Снятие валика осуществляют путем сжатия пружины и вывода подвижной головки *4* из вилки. Конструкции неразъемного шарнира и разъемного шарниров представлены на рис. 25 и 26 соответственно. Для передачи небольших крутящих моментов вместо карданных шарниров можно использовать мембранные муфты (рис. 27).

**Лист 47.** Зубчатая муфта (рис. 1) применяется для нечастых включений при небольшой разности скоростей ведущего и ведомого валов. Включение и выключение муфты осуществляется осевым перемещением одной из полумуфт. Для выравнивания скоростей валов в момент включения применяют синхронизатор (фрикционную муфту).

Зубчатая муфта (рис. 2) предназначена для компенсации осевого, радиального и углового смещений валов. Она состоит из двух зубчатых колес с внешними зубьями эвольвентного профиля, установленных на ведомом и ведущем валах, и втулки с внутренними зубьями эвольвентного профиля. Зубья колес выполнены бочкообразными для обеспечения контакта при угловом смещении валов. Зацепление выполняется с боковым зазором, чем достигается радиальное смещение (рис. 3).

Работа центробежных муфт (рис. 4—7) основана на центробежных силах, которые при достижении валами заданной скорости производят включение (или выключение) муфт. Эти муфты имеют две разновидности: 1) муфта включается при достижении валами заданной угловой скорости $\omega_1$ и остается включенной при $\omega \geqslant \geqslant \omega_1$. При $\omega < \omega_1$ муфта выключается (рис. 4); 2) муфта выключается при достижении валами заданной угловой скорости $\omega_2$ и остается выключенной при $\omega > \omega_2$ (рис. 5). В муфте (рис. 7) регулировка на заданную угловую скорость и передаваемый момент осуществляется натяжением пружин *1* с помощью винтов *2*.

Муфты свободного хода передают вращение лишь в одном направлении — от ведущего вала к ведомому. Часто их называют обгонными, так как при превышении угловой скорости ведомого вала скорости ведущего вала муфта разъединяет валы.

Ведущее колесо *1* шариковой муфты (рис. 8) и диск *3* связаны друг с другом. При вращении колеса *1* по часовой стрелке шарики *2* заклиниваются и ведомый вал вращается вместе с ведущим колесом. При вращении колеса *1* против часовой стрелки шарики займут положение, как показано на рис. 8, и вращение передаваться не будет. Вместо шариков часто применяются ролики (рис. 10). Пружины *1* применяют для уменьшения мертвого хода. На рис. 9 показана муфта свободного хода с храповиком. При вращении ведущего колеса против часовой стрелки вращение передается через храповое колесо *1* и собачки *2* на ведомый вал. На принципе заклинивания тела качения или рычага основаны муфты свободного хода, приведенные на рис. 11—14.

Муфты необратимого движения (невозвратные, одностороннего движения) применяют, когда требуется, чтобы ведомый вал вращался в определенном направлении независимо от направления вращения ведущего; передача от ведомого к ведущему не допускается.

Работа муфты (рис. 15) основана на расклинивании выступом *2* ведомого вала двух призм *1* внутри корпуса муфты. При передаче движения от ведущего вала с вилкой *3* призмы под действием пружины *4* сжимаются и передают вращение ведомому валу.

В муфте (рис. 16) в качестве запирающего элемента использованы рычаги. В корпусе *2* муфты помещены ведущий *1* и ведомый *5* валы с фланцами. На фланце вала *5* укреплены два рычага *9*. Под действием пружины *8* они раздвинуты и касаются стенок кольца *6*, запрессованного в корпус муфты. Рычаги могут взаимодействовать с упорами *7* фланца *4* и упорами *10* фланца *3*. При вращении вала *1* один из упоров на фланце *3* отводит рычаг от внутренней поверхности муфты и, прижимая его к упору фланца *4*, передает вращение на вал *5*. Вращение с ведомого вала не может быть передано, так как при этом возникает торможение концов рычагов за счет распора на корпус.

Муфта (рис. 17) состоит из ведущей вилки *1*, ведомой крестовины *2* и кольца *3*, закрепленного в корпусе прибора. Между крестовиной *2* и вилкой *1* расположены четыре ролика *4*, находящиеся под действием пружин *5*. Вилка при вращении в любом направлении давит на ролики и передает вращение ведомой крестовине. При движении, передаваемом от крестовины, ролики попарно заклиниваются между крестовиной и неподвижным кольцом и останавливают движение. Аналогично устроена муфта на рис. 19.

В муфте (рис. 18) ведомый валик *2* вращается в одном и том же направлении независимо от направления вращения ведущего валика *1*, так как в зависимости от направления вращения валик *2* сцепляется с зубчатым коническим колесом *4* или *6*. Сцепление осуществляется заклиниванием между кулачками и ступицами зубчатых колес роликов *3* и *5*, поджимаемых пружинами *7* и *8*. В конструкции, приведенной на чертеже, вращение передается через колесо *6*.

**Лист 48.** Предохранительные муфты применяют в приборах для ограничения максимального допускаемого крутящего момента. Пружинно-шариковые и пружинно-кулачковые муфты используют при небольших скоростях и крутящих моментах.

Работа шариковых предохранительных муфт основана на взаимодействии подпружиненных шариков с соответствующими углублениями или вырезами. Муфта (рис. 1) — нерегулируемая, рассчитана на передачу определенного момента. В муфтах (рис. 2 и 5) регулировка момента осуществляется винтами или конической гайкой. В муфте (рис. 4) шарики при передаче вращения захватывают за выступы ведомой части муфты. Аналогично работает муфта (рис. 10). В роликовой предохранительной муфте (рис. 3) величина передаваемого момента регулируется пружиной *1* и винтом *4*. Рычаги *3* прижимают ролики *2*, поворачиваясь относительно осей *5*, под действием пружины *1*.

В муфтах (рис. 6 и 7) при увеличении момента свыше заданного кулачок (шарик) подвижной полумуфты выходит из паза (зацепления с другим шариком), деформируя пружины, и муфта проскальзывает. В пружинно-рычажных муфтах (рис. 8 и 9) при перегрузке выступы отжимают рычаги и муфта проскальзывает.

В качестве предохранительной может использоваться фрикционная муфта. Фрикционные муфты обеспечивают передачу крутящего момента от вала к валу за счет сил трения, возникающих на поверхности фрикционных элементов муфты. Их применяют для соединения валов на холостом ходу и на ходу под нагрузкой при любой скорости вращения валов. Изменением силы нажатия можно добиться плавного нарастания или уменьшения скорости, а также времени разгона или замедления ведомого вала (рис. 12). Изменением силы нажатия можно также настроить муфту на передачу определенного момента, при превышении его муфта начнет пробуксовывать, работая при этом как предохранительная. Фрикционные муфты делятся на дисковые и конусные.

Прижатие фрикционных элементов осуществляется пружинами: винтовой цилиндрической (рис. 16, 14, 15, 17, 20, 22), плоской фасонной (рис. 13), за счет упругости втулки (рис. 11).

Для передачи больших крутящих моментов применяют многодисковые фрикционные муфты (рис. 21—23), в которых увеличивается число поверхностей трения. В муфте (рис. 18) на валу *1* закреплено зубчатое колесо *2*, которое через прокладку *3* передает вращение поводку *4*. Прижатие поводка к прокладке осуществляется пружиной *5*. В муфте на рис. 19 прижатие фрикционных элементов осуществляется несколькими пружинами, расположенными по окружности фрикционного диска.

**Лист 49.** Прижатие фрикционных элементов может осуществляться электромагнитом (рис. 1 и 2) и клиновым зажимом (рис. 3).

Муфта на рис. 2 состоит из магнитопровода *1*, в кольцевой выточке которого расположена обмотка *2*, создающая магнитный поток. На якоре *3* и магнитопроводе *1* расположены фрикционные диски *4* и *5*. Обмотка *2* питается постоянным током. При подаче тока якорь *3*, перемещаясь вдоль вала, притягивается к магнитопроводу и сжимает трущиеся поверхности. При выключении тока якорь отводится отжимными пружинами *6* и фрикционные диски освобождаются. Якорь можно расположить на мембране, что уменьшит массу подвижных частей и время срабатывания муфты (см. рис. 1).

Конусные фрикционные муфты (рис. 4—9) позволяют создавать значительные силы трения при малой силе поджатия. Такие муфты могут выполняться встроенными (рис. 5) и многодисковыми (рис. 7).

В двусторонней конической муфте (рис. 9) вращение может передаваться от зубчатого колеса *1* к колесу *3* или *5* в зависимости от положения узла *4*, устанавливаемого перемещением оси *6* со шпонкой *2*.

Кулачковая муфта (рис. 10—18) состоит из двух полумуфт, каждая из которых имеет на торцовой поверхности кулачки (профили которых показаны на рис. 12), посредством которых осуществляется сцепление муфты. Подвижная полумуфта может перемещаться вдоль одного вала, неподвижная закреплена на другом.

На рис. 10 показана кулачковая муфта управления включением, а на рис. 11 — сцепная муфта с торцовыми зубьями. Кулачковая муфта (рис. 13) может применяться в качестве встроенной предохранительной. Конструкция кулачковых муфт с фиксацией подвижных частей показана на рис. 14 и 16. На рис. 15 показана кулачковая муфта с двумя выступами, а на рис. 18 — с тремя. Кулачковая муфта может быть выполнена на основе винтового кулачка (рис. 17).

**Лист 50.** На рис. 1 и 3 показаны электромагнитные муфты с торцовыми кулачками. К фланцу *1* муфты (рис. 3) крепится электромагнитная система, состоящая из корпуса *2*, катушки *3*, подпятника *4* и якоря *5*, связанного со штоком *6*, и механическая система передачи движения, состоящая из зубчатого колеса *7* с торцовыми кулачками, вращающегося на фланце *1*, и ведомого колеса *8*, связанного с втулкой *9*, имеющей торцовые кулачки, колесо *8* установлено на штоке *6*. При подаче напряжения на катушку *3* магнитный поток притягивает якорь *5* и перемещает колесо *8*. Кулачки колеса *7* и втулки *9* сцепляются и колеса начинают вращаться с одинаковой скоростью. При снятии напряжения пружина *10* возвращает шток в исходное положение.

На рис. 2 показана электромагнитная фрикционная муфта сцепления.

Принцип действия магнитных синхронных муфт основан на использовании сил взаимодействия двух магнитных потоков, образованных постоянными магнитами или электромагнитами. Муфты обеспечивают синхронное вращение валов. Муфты могут выполняться с осевым и радиальным воздушным зазором.

На рис. 4 представлен экранированный микроэлектропривод, объединяющий электродвигатель и экранированную переменно-полюсную муфту с магнитами в виде звездочек (муфты с магнитами в виде звездочек используют при частотах вращения до 10 000 мин$^{-1}$). В корпусе двигателя установлен герметичный экран. На валу двигателя установлена ведущая полумуфта, а ведомая — внутри экрана.

Муфта (рис. 5) представляет агрегат с установленной наружной полумуфтой. Внутренняя полумуфта с магнитом установлена на подшипниках.

В муфтах с магнитом «звездочка» можно регулировать передаваемый момент (рис. 6) за счет изменения потокосцепления магнитов при их смещении относительно друг друга. Внутреняя полумуфта *2* расположена в корпусе *1* на подшипниках, наружная собрана в обойме, имеющей возможность перемещаться в осевом направлении в корпусе. Вследствие этого и происходит изменение потокосцепления полумуфт, а следовательно, момента.

Торцовая одноименно-полюсная муфта (рис. 7) состоит из экрана *2* и полумуфт *1* и *3*. Ведущая правая полумуфта состоит из магнита *4*, установленного на ведущем валу, магнитопровода и полюсной системы. Полумуфта *1* — ведомая.

На рис. 8 показана муфта с магнитом в виде втулки с осевой намагниченностью. Магнит *3* находится во внутренней полумуфте, устанавливаемой на вал устройства. Втулка *4* предохраняет магнит от разрушения центробежными силами. С обеих сторон к магниту прилегают установленные на шлицах вала диски *2* с полюсными венцами.

Экран *1* — цилиндрический. На его фланце имеется уплотняющий зуб и отверстия для крепления.

**Лист 51.** Работа порошковых муфт основана на свойстве ферромагнитных смесей менять структуру в магнитном поле. Различают жидкостные порошковые муфты (смесь ферромагнитного порошка — карбонильного железа с маслом) и сухие порошковые муфты (смесь ферромагнитного порошка с тальком, графитом, окисью магния или цинка). Диаметр зерен ферромагнитного порошка 0,5—10 мкм. Отношение весовых частей порошка и масла примерно 5 : 1. Используют машинное, трансформаторное и силиконовое масла.

На рис. 1 показана цилиндрическая порошковая муфта, на рис. 2 — порошковая муфта с жидким наполнителем, на рис. 3 — многозазорная порошковая муфта. Муфта на рис. 4 отличается малой инерционностью. На рис. 5 изображена сухая порошковая муфта, на рис. 9 — бесконтактная порошковая муфта.

Для защиты подшипников от попадания в них ферромагнитного порошка предусматривают специальные уплотнения и уловители (рис. 6 и 7).

Гистерезисные муфты. В этих муфтах вращающий момент в процессе пуска возникает вследствие гистерезиса в магнитно-твердом материале гистерезисного слоя при перемагничивании его вращающимся полем индуктора. В синхронном режиме момент возникает за счет взаимодействия поля ведущей полумуфты с намагниченным гистерезисным слоем.

Муфта (рис. 9) содержит гистерезисные слои, установленные в наружной полумуфте; магнит внутренней полумуфты защищен от коррозии герметичной рубашкой.

В муфте на рис. 10 внутренняя полумуфта состоит из магнита в виде «звездочки» и пакета пластин из материала, имеющего большие потери на гистерезис. Наружная полумуфта имеет магнит «звездочка», охватывающий пакет и магнит внутренней полумуфты.

Муфта на рис. 11 имеет малоинерционный полый ротор и одноименно-полюсную магнитную систему. Она содержит магнит в виде втулки с осевой намагниченностью. Магнитная система муфты имеет рабочий цилиндрический зазор, образованный двумя полюсными дисками, в который введен тонкостенный стакан от гистерезисного материала — ротор ведомой полумуфты. Оси зубцов полюсных дисков сдвинуты на половину зубчатого шага, т. е. число пар полюсов вдвое больше числа зубцов одного диска. Это позволяет передавать бо́льший момент при тех же габаритах, чем с магнитом «звездочка».

# 11. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**Лист 52.** На листе представлены конструктивные схемы электромагнитных механизмов с нейтральными электромагнитами. Эти схемы составлены для электромагнитов с поворотными и поступательно-движущимися якорями двух основных типов: клапанных и втяжных.

Некоторые варианты преобразования движения поворотного якоря электромагнита в поступательное и вращательное движение рабочего органа показаны на рис. 1 — с кулисным механизмом, рис. 2 — с кулачковым механизмом, рис. 3 — с шатунным механизмом, рис. 4 — с шарнирно-рычажным механизмом, рис. 5 — с непосредственным управлением толкателем, рис. 6 — с шарнирно-рычажным механизмом, связанным с якорем упруго.

Подобные варианты возможны и с втяжными электромагнитами.

Следует обратить внимание на характер связи между якорем и устройством, приводимым в движение. Эта связь может быть жесткой (рис. 1—5, 8, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 22, 24, 28, 29), упругой (рис. 6, 7, 13, 19—21) или неполной (рис. 9, 11, 15, 25—27).

Жесткая связь используется в быстродействующих устройствах. Быстродействие зависит от величины питающего напряжения. Приводимый в движение механизм подвержен действию больших ускорений.

Упругая связь позволяет уменьшить динамические нагрузки в механизме, а также зависимость времени срабатывания механизма от величины питающего напряжения. Однако время срабатывания механизма уменьшается. Часто последнее обстоятельство используется в устройствах выдержки времени (рис. 13).

Электромагнитные механизмы с неполной связью характеризуются тем, что рабочее движение механической части устройства непосредственно не зависит от работы электромагнита (при прямом ходе якоря); работа таких устройств определяется целиком конструкцией механических элементов (рис. 9, 11, 15, 25—27), так как срабатывание механической части происходит при обесточенном электромагните.

На рис. 10—15 представлены конструкции шаговых электромагнитных механизмов, применяемых в электромагнитных счетчиках импульсов и искателях.

Интерес представляют тормозные и прижимные устройства (рис. 20—24), а также переключающие

устройства (рис. 25, 26, 28, 29). Устройства, представленные на рис. 25, 26 и 28, сохраняют последнее положение управляемой системы в обесточенном состоянии, причем в схеме на рис. 28 среднее положение поворотного рычага не может быть получено простой коммутацией обмоток электромагнитов без применения особых конструктивных приемов.

В схеме на рис. 29 показано устройство переключения скоростей вращающег ся вала с применением фрнкционной муфты двустороннего действия, сцепляющей с валиком правый или левый шкивы в зависимости от того, какая из обмоток электромагнита подключена.

**Лист 53.** Сердечники электромагиитных механизмов (ЭММ) могут быть изготовлены штамповкой, сплошными или шихтованными, состоящими из пластин электротехнической стали, ленточными, а также сплошными, изготовленными механической обработкой.

Способы крепления сердечника к основанию разнообразны. Конструкции крепления могут быть как разъемными, так и неразъемными.

На выбор способа крепления влияет конструкция катушки, способ ее крепления на сердечнике, количество катушек. На рис. 1, *а*, *б*, *г* представлены конструкции крепления сердечника для одной катушки, а на рис. 1, *в*, *д* для нескольких катушек.

На рис. 2, *а—п* показано соединение сердечника с основанием. Соединение с помощью винта представлено на рис. 2, *б*, *г*. Применение такого соединения для малых диаметров сердечиков нежелательно. Этот способ крепления имеет низкую центрирующую способность, а отверстие под винт уменьшает полезное сечение сердечника. При этом способе крепления имеет место большое магнитное сопротивление стыка, что приводит к снижению расчетной длины сердечника. На рис. 2, *п* показана развальцовка сердечника с опорным фланцем. Этот способ обеспечивает плотность стыка, конструктивно прост, но является неремонтнопригодным. Вариант рис. 22, *д* предусматривает крепление запрессовкой сердечника в основание с последующей пайкой медью или без пайки. Этот способ удобен, так как возможна последующая совместная обработка торца сердечника и корпуса с целью получения высокой точности.

На рис. 2, *и* показана расклепка сердечника. Эта конструкция является неразъемной. Недостатком этой конструкции является повышенная остаточная индукция магнитопровода, свойственная наклепаиным ферромагнитным материалам. Показанная на рис. 2, *л* конструкция шлицевого соединения представляет ряд зубьев, радиально расположенных на сердечнике и основании отверстия. Такое соединение обеспечивает хорошее центрирование и прочность соединения сердечника с основанием, но сложно в изготовлении и применяется при больших диаметрах. Болтовое соединение сердечиика с основанием показано на рис. 2, *а н*, это соединение удобно тем, что разъемное, а сердечиик прост в изготовлении. Недостатком данной конструкции является значительное магнитное сопротивление стыка. На рис. 2, *е* показана конструкция установки сердечника по переходной посадке с закреплением разрезной шайбой. Такое крепление встречается редко.

На рис. 3, *а—г* показана конструкция, в которой сердечнпк и основание изготовляют из однородного листа металла толщиной 3 мм. На рис. 3, *а* дана развертка сердечиика и основания. После вырубки и гибки образуется сердечник, показанный на рис. 3. *б*. Шляпка сердечника крепится путем отгибания усиков. Крепление шляпки и самого сердечника разъемное, что удобно для сборки электромагнита.

На рис. 5, *а—ж* показаны электромагнитные экраны и их крепление на магнитопроводе. Однофазные электромагниты с экранирующими короткозамкиутыми витками применяют для устраиения вибрации якоря электромагнитов переменного тока.

Способы крепления пластин шихтованных магнитопроводов показаны на рис. 6. Магнитопровод, показанный на рис. 6, *б*, *в*, скрепляется развальцованными шпильками. После укладки пластин в приспособлении, которое обеспечивает точное их взаимное положение, в отверстия пластии вставляют шпильки. Чтобы получить прочный магнитопровод с высоким коэффициентом заполнения сечения сталью, собранный пакет необходимо спрессовать. Такое скрепление пластин относится к рис. 6, *г*, *д*, только вместо шпилек используют заклепки или трубки. Скрепление развальцованными шпильками, трубками и заклепками применяют при небольших размерах магнитопроводов, которые имеют наибольшее распространение в электроаппаратостроении. На рис. 6, *г*, *д* показаны магнитопроводы, соединенные шпильками и болтами, а на рис. 6, *ж* — магиитопровод, скрепляемый клеем или лаком. Такой способ соединения пластин применяется при небольших размерах магнитопроводов с целью упрощения конструкции, увеличения жесткости, монолитности и для снижения шума при работе на переменном токе.

**Лист 54.** В зависимости от конструктивного выполнения различают следующие типы катушек: 1) каркасные катушки с пластмассовым или металлическим или составным каркасом, образуемым сердечником и изоляционным фланцем;

2) бескаркасиые катушки бандажированные, с намоткой на шаблон и небандажированные, с бумажной межслоевой изоляцией;

3) спиральные и дисковые катушки, изготовленные из прямоугольной цинной меди и медиой ленты или намотанные проводом прямоугольного сечения.

Каркасы катушек изготовляют чаще из изоляционных материалов. В зависимости от размера катушки, серийиости производства, техиологической и экономической целесообразности, конструктивных соображений каркасы катушек могут быть изготовлены из следующих материалов:

а) электрокартона с последующей склейкой отдельных элементов каркаса (применяются в единичном или мелкосерийном производстве);

б) слоистых пластиков (гетинакса, текстолита, стеклотекстолита и т. п.) с последующей склейкой или сборкой (применяются в единичиом и мелкосерийном производстве);

в) порошковых пластмасс на карбонильной основе, подвергаемых прессованию (применяются в массовом производстве).

г) литьевых пластмасс (полистирол, полиамид, фторопласт, полиэтилен и т. п.) (применяются в массовом производстве).

Иногда каркасы изготовляют металлическими (с поверхностиым изоляционным покрытием) или частично металлическими.

На рис. 1 представлена катушка со сборным пластмассовым каркасом. Эти каркасы состоят из втулки *1* и боковых шайб *2*, которые соединяют между собой, как показано на рис. 1, *а—е*, на клею или с помощью термосварки. Втулки выполняют из гетинакса, изготовляемого иа шеллаке или глифталевом лаке, благодаря чему при нагреве под прессом они могут деформироваться, как показано на рис. 2, *б*. Это важно для сборки каркаса, так как гетинаксовые или текстолитовые шайбы надевают на круглый (труба) или прямоугольный профиль, концы которого развальцовывают при помощи ручного пресса. На рис. 2, *а*, *в* представлены каркасы катушек, выполненные из металла с поверхностным покрытием изоляционным материалом.

Конструкция катушки с повышенной жесткостью каркаса и боковых стенок показана на рис. 3, *а*, *б*, *в*.

Каркасы катушек могут быть собраны из элементов, представленных на рис. 3. На рис. 3, *а* представлена конструкция разборного каркаса, состоящего из боковых шайб *1*, двух верхних *2* и двух боковых *3* пластин. Наиболее простая конструкция каркаса представлена на рис. 3, *б*, состоящая из верхнего и нижнего полукаркасов.

Одним из важных моментов в конструировании каркасов является изготовление выводов обмотки катушки. Способ вывода концов катушки зависит от типа каркаса и типа обмоточного провода. На рис. 4 представлены различные варианты заделки токоподводов в каркасах катушек. Представленные на рис. 4, *в*, *д*, *г* варианты сквозных выводов применяют при изготовлении каркасов катушек методом прессования или литья, а на рис. 4, *а* и *б* возможные варианты установки токоподводов на поверхности боковых шайб каркасов.

Для круглых каркасов, имеющих два вывода, широко применяется конструкция токоподводов, показанных на рис. 4, *в*, *д*, а для каркасов прямоугольного сечения, имеющих несколько токоподводов, применяется конструкцня, представленная на рис. 4, *е*, *ж*.

Для таких каркасов токоподводы могут иметь конструкцию, представленную на рис. 4, *к*, *л*.

На рис. 4, *е*, *ж*, *и*, *к*, *л* представлены конструкции выводов и расположение обмоток относительно друг друга и каркаса.

**Лист 55.** На рис. 1 показана катушка ЭММ, устаиовленная на сердечнике прямоугольного сечения, каркас составной клееный, обмотка двухсекционная; на рис. 2 — круглая многослойная катушка без щечек, между рядами обмоточного провода уложена изоляционная лента; на рис. 3 — двухобмоточная катушка

на литом (прессованном) каркасе с заформованными выводам (I и II); на рис. 4 — катушка ЭММ большой мощности. После намотки катушку обматывают лентой из изоляционного материала и пропитывают изоляционным лаком; на рис. 5 — вариант конструкции, подобной на рис. 4; на рис. 6, *а* — двухобмоточная катушка на литом каркасе; на рис. 6, *б* — вариант сборки катушки непосредственно на сердечнике или на тонкостенной металлической втулке; на рис. 7 — выводы катушки; на рис. 8 — пример оформления чертежа катушки.

**Лист 56.** Соединения с помощью проводного монтажа находят широкое применение в проектировании приборов различного назначения. Конструкторский документ, который отражает расположение элементов, жгутов и соединительных проводов и указывает маркировку, называется электромонтажным чертежом. Монтаж рекомендуется производить проводами с различными цветами изоляционной оплетки. Принимаются следующие расцветки: для проводов под высоким положительным потенциалом — красный цвет; под высоким отрицательным потенциалом — синий; с нулевым потенциалом относительно корпуса — черный; для проводов питания переменного тока — желтый; для остальных случаев — любой цвет, отличный от перечисленных. Для монтажа рекомендуется применять провода с полихлорвиниловой или фторопластовой изоляцией типа БПВЛ, МГШВ, ГФ и др., которые хорошо поддаются зачистке.

Монтаж может быть жестким или мягким. Жесткий монтаж применяется преимущественно в высокочастотных каскадах. Мягкий монтаж применяется для низкочастотных цепей, цепей питания, при макетировании. Его выполняют гибким многожильным проводом. Мелкие детали крепят на монтажных планках, из изоляционного материала, имеющих ряды металлических стоек или лепестков, к которым припаивают радиодетали и монтажные провода. На листе приведены способы пайки и крепления радиодеталей и монтажных проводов.

На рис. 1 представлен жесткий монтаж ВЧ-контуров, магнитных головок, микросхем реле, монтаж различных элементов радиосхем — магнитных головок, трансформаторов, дросселей, транзисторов и т. д.

На рис. 2 представлены различные варианты монтажа проводов и навесных деталей на штырьки.

На рис. 3 показаны различные способы монтажа элементов радиосхем: на рис. 3 *а* — способ вставки пистонов в платы, на рис. 3, *б*, *в*, *г* — способы монтажа резисторов, конденсаторов, транзисторов, на рис. 3, *д* — установка диодов, на рис. 3, *е* — транзисторов, на рис. 3, *е*, *ж* — микросхем и трансформаторов, на рис. 3, *и*—*л* — переменных резисторов.

На рис. 4 представлены различные варианты установочных элементов (монтажных стоек). Стойки, изображенные на рис. 4, *а*—*г*, могут монтироваться на металлическом шасси, так как основание выполнено из изоляционного материала. Стойки, приведенные на рис. 4, *д*, *ж*, устанавливают на изоляционном материале (гетинакс, стеклотекстолит и др.).

**Лист 57 (рис. 1—4).** Представлен шаговый искатель с вращательным движением щеток, состоящий из основных узлов: электромеханизма привода щеток и коммутационного поля. Коммутационное поле собирается из ламелей, между которыми находятся изоляционные прокладки. Все это крепится к кронштейну с помощью винтов и гаек. К кронштейну присоединяется электромагнитный привод, состоящий из катушки и якоря с собачкой. При прохождении тока по катушке электромагнита якорь притягивается к сердечнику. движение от якоря с собачкой передается ротору, который состоит из храпового колеса и щетки. При подаче импульса тока на катушку электромагнита притягивается якорь и храповик поворачивает коммутирующие контакты на один зуб храпового колеса. Для возврата собачки в исходное положение имеется пружина растяжения. Для кинематического замыкания собачки с храповым колесом имеется пружина кручения.

**Лист 58.** Представлены конструкции шаговых двигателей — электромеханических устройств, рабочий вал которых совершает дискретное угловое перемещение с фиксацией каждого шага. По своему применению шаговые двигатели могут быть реверсивные и нереверсивные.

На рис. 1 представлена конструкция нереверсивного шагового двигателя. Принцип работы двигателя заключается в следующем: при поступлении импульса тока на катушку двигателя якорь притягивается к сердечнику. На якоре находится собачка, которая поворачивает храповое колесо на один зуб. Храповое колесо поворачивает вал. При снятии сигнала якорь возвращается в исходное положение и собачка выходит из зацепления. При подаче иового импульса все повторяется снова. Далее движение с вала через зубчатые колеса передается на выходной вал, на котором находится выходная шестерня.

На рис. 2 показан реверсивный шаговый двигатель. Конструктивно реверсивный шаговый двигатель выполнен в виде двух независимых электромагнитных механизмов (ЭММ), имеющих один общий выход. При подаче дискретного сигнала на одну из катушек якорь притягивается к сердечнику, передает движение через собачку на храповое колесо. Колесо жестко соединено с выходным валом и поворачивает его на один зуб. На этом валу находится аналогичное храповое колесо, но с противоположным направлением зубьев. На это колесо передается движение от второго ЭММ. Движение вала шагового двигателя (влево или вправо) зависит от сигналов, поступающих на ЭММ.

**Лист 59.** В конструкции исполнительного шагового двигателя с зубчатым одноступенчатым мультипликатором для приведения во вращение выходного валика используется обратный ход якоря. Механизм имеет регулировочные элементы: упоры собачек (разрез *А*—*А*) установлены на винтах, проходящих через увеличеиные отверстия оснований упоров, рабочая собачка установлена на эксцентрике (разрез *Е*—*Е*). Механизм имеет концевые контакты, используемые в различных режимах работы механизма как сигнальные либо как управляющие (разрез *К*—*К*).

**Лист 60.** В конструкции реверсивного шагового двигателя (общий вид) электромагнит имеет два независимых поворотных якоря, установленных в корпусе на подшипниках качения. На концах якорей установлены рабочие собачки, входящие в зацепление с эвольвентным колесом. Правая и левая катушки, имеющие независимое питание (катушки многообмоточные), установлены на боковых стержнях сердечника.

Ходовое эвольвентное колесо имеет шариковые фиксаторы (см. разрез *Е*—*Е*). Механизм имеет регулировочные устройства, подобные устройствам предыдущей конструкции (см. разрезы *Б*—*Б*, *Д*—*Д*).

**Лист 61.** Электромагнитные механизмы. На листе представлены электромагнитные переключающие устройства. На рис. 1 показано переключающее устройство с рычажной передачей управления кулачковой муфтой. Муфта осуществляет сцепление с валиком одного из зубчатых колес, которые находятся в зацеплении с каким-либо механизмом (механизм на чертеже не показан).

На рис. 2 приведен волноводный переключатель с электромагнитным приводом. Втяжной электромагнит с пусковой и удерживающей обмотками имеет упругую связь с зубчатой рейкой, которая, зацепляясь с цилиндрическим колесом, приводит в движение валик. Последний через коническую зубчатую пару переключает волноводы.

Переключающее устройство с двумя управляющими электромагнитами клапанного типа показано на рис. 3. При перемещении одиого из икорей (при подаче управляющего напряжения) перемещается центральное зубчатое колесо до прижатия к соответствующей фрикционной накладке бокового колеса, чем и обеспечивается передача движения между зубчатыми колесами.

**Лист 62.** На листе представлены конструкции переключающих электромагнитных устройств с зубчатыми или фрикционными муфтами. Работа их подобна работе описанных выше (см. лист 61) конструкций.

**Лист 63.** Приведен общий вид конструкции электромагнитного механизма измерительного прибора массового производства.

**Лист 64.** Приведена конструкция магиитоэлектрического измерительного прнбора. Прибор состоит из постоянного магнита, изготовленного из никель-алюминиевого сплава, и замкнутого ярма, служащего одновременно магнитным экраном.

На листе дан ряд сечений и разрезов для пояснения конструкции магиитоэлектрнческого измерительного прибора.

**Лист 65.** На листе приведены магнитные системы электромагнитов с втяжным якорем, состоящие из основных элементов: подвижиой части магнитопровода-якоря, неподвижной части магиитопровода-корпуса, фланца и катушки с каркасом, направляющей.

На листе показаны различные конструкции электромагнитных систем, выполиенные с различиыми входными и выходными параметрами в зависимости от способа их применения.

# 12. ЭЛЕКТРОЭЛЕМЕНТЫ

**Лист 66.** Потенциометры. Конструкции движков потенциометров показаны на рис. 1—12. Варианты на рис. 1—5 используют для мощных потенциометров, а на рис. 7—12 — для маломощных измерительных потенциометров.

Рекомендуемые геометрические размеры, а также собственные частоты колебаний $f_0$ (первое значение — при контактном усилии $P = 0{,}006$ Н, второе — при $P = 0{,}01$ Н) для щетки («мухолапки») измерительного потенциометра приведены на рис. 6.

Регулировку контактного усилия в варнантах на рис. 7—9 осуществляют подгибом щеткодержателя *1*, в варианте на рис. 10 — при помощи регулировочного винта *1*, а в вариантах на рис. 11 и 12 — вращением пальца *1*, подвижно закрепленного в щеткодержателе *2*. Контактное усилие в последием случае формируется с помощью закручиваемой торсионной пружины *3*, припаянной к пальцу *1* и заглушке *4*. На рис. 13—15 даны примеры оформления рабочих чертежей каркасов.

**Лист 67.** Показаны сборочные чертежи потенциометров. Чертеж линейного потеициометра со средней точкой на пластинчатом каркасе (рис. 1) содержит полную текстовую информацию, необходимую для сборочных чертежей потенциометров.

Обмотку из провода ПЭЗлХ-0,5 наматывают плотно — виток к витку на плоский гетинаксовый каркас *1*. В местах подсоединения выводных проводов *6* намотка производится на помещаемую между каркасом и обмоткой пластину *2*, под которую ставится изолирующая прокладка *3*, закрепляемая клеем БФ-4. Наружная поверхность витков обмотки, намотанных на пластину *2*, зачищается от эмали. Один конец пластины *2* загибается до соприкосновения с зачищенной поверхностью витков обмотки, а другой зажимает зачищенный конец выводного провода *6*. После этого соединение опаивают припоем ПОС-61. Отвод от срединной точки обмотки выполняется аналогично. С помощью крючка оттягивают средний виток обмотки и под него помещают подкладку *4* и пластину *5*. Средний виток обмотки в месте соединения зачищают от эмали и к нему припаивают зачищенный конец выводного провода *7*. Места пайки покрывают лаком УР-231. Поверхность обмотки на рабочем участке зачищают от эмали и полируют.

При сложной намотке на сборочном чертеже необходимо приводить схему намотки (рис. 2).

Наименее надежные элементы конструкции — отводы и выводы. При применении для выводов обмоточного провода (рис. 3) используются специальные колодки *2* и *3* (сборки), к которым припаиваются выводные концы обмотки. Колодки *2* и *3* в корпус *1* ставят на клее БФ-4. Выводные концы опаивают с соседними витками обмотки для предупреждения ее произвольного разматывания. Отвод выполняется аналогично предыдущей конструкции (см. рис. 1), с использованием пластины *4* и подкладки *6*. Подкладка *6*, закрепляемая клеем БФ-4, предохраняет выводной провод *5* от контакта с обмоткой. Монтажные провода при установке потенциометра в изделие подсоединяют к колодкам *2* и *3* пайкой. Если материал обмоточного провода (ПлСр-40, ПлИ-10 и др.) обладает удовлетворительными контактными свойствами, можно применять замкнутый контакт (рис. 4). Подключение потенциометра *1*, приклеенного к корпусу *2*, осуществляется через два штока *4*, обладающих продольной и осевой подвижностью. К штокам припаивают контакты *5*. Контактное усилие между контактом *5* и обмоткой потенциометра обеспечивается винтовой цилиндрической пружиной *3*. Поворотом контактов *5* можно изменять полное сопротивление потенциометра.

**Лист 68.** На рис. 1 представлен секторный потенциометр. Каркас с обмоткой *1* закреплен винтовым соединением *8*, *9*, *10* на основании *4*. До сборки каркас плоский. При сборке каркас изгибается и образуется секторный потенциометр. Натяжение обмотки осуществляется выступом накладки *2* (сборка), входящим в паз каркаса. Прокладка *5* изолирует обмотку от основания *4*, которое жестко крепится на корпусе *3* винтами *12*. Щетка *7* (сборка) припаивается к стойке *C* щеткодержателя *6* (сборка). Контактное усилие регулируется изгибом стойки *C*. Токоподвод к щетке *7* осуществляется проводом *11*.

На рис. 2 изображена конструкция сдвоенного кольцевого потенциометра со сблокированными движками.

Основой конструкции является корпус *1* (сборка) с вклеенным в него кольцевым потенциометром и токосъемными кольцами. В корпус, выполненный из пресспорошка, заформованы выводные лепестки. Соединение между лепестками и обмотками потенциометра осуществляется пайкой. Движки *4* (сборка) и *8* (сборка) соосно сблокированы с помощью двух виитов *10*. Движки изолированы прокладками *5* и *9*. Перемещение движков осуществляется поворотом полумуфты *2*, соединенной с основанием *11* (сборка) винтом *12*. Для обеспечения подвижиости предусмотрена распорная втулка *13*. Корпус пылеводонепроницаем; между полумуфтой *2*, корпусом *1* и крышкой *7* поставлеиы резиновые прокладки *3* и *6*.

Потенциометр с регулируемой начальной точкой (рис. 3) применяется в приборах первичной информации. Потенциометр *6* закреплен на винте *4*, который установлен в плате *1* по посадке с зазором. Продольному смещению винта *4* препятствует разрезная шайба *5*. Отсутствие биения в продольном направлении достигается с помощью обычной шайбы *9* и пружинной шайбы *10*. При вращении винта *4* потенциометр *6* перемещается вдоль оси винта, так как плоская пружина *3*, закрепленная штифтом *2* на плате *1*, препятствует его вращению вместе с винтом. Одновременно пружина *3* выбирает зазор в передаче винт—гайка. Движок *8* аналогичен представленному на рис. 11 (лист 66). Контактное усилие регулируется перемещением движка *8* вдоль оси *7*.

**Лист 69.** На рис. 1 показаны способы подсоединения электрнческих проводов. При соосном соединении толстых проводов их концы перед пайкой загибают (рис. 1, *а*) или скручивают (рис. 1, *б*). При соединении провода ⌀ 0,17—1,2 мм с контактным выводом применяют способ иакрутки (рис. 1, *в*). Дополиительная накрутка одного-двух витков провода с изоляцией позволяет повысить надежиость соединения в условиях вибрации.

На рис. 1, *г*, *д* показано соединение провода с плоскими контактными пластинами; на рис. 1, *е*, *ж* — стыковое соединение проводов с цилиндрическими выводами; на рис. 1, *и*, *к* — соединения неизолированного и изолированного проводов с кабельными наконечниками. При торцовом подсоединении провода его конец перед пайкой расплющивают и загибают (рис. 1, *л*). Аналогично соединение плоской контактной пластины с перпеидикулярно расположенным проводом (рис. 1, *м*.)

На рис. 2, *а*—*в* показаны формы и размеры контактного лепестка, кабельного наконечника и монтажной стойки, а на рис. 3, 4 и 5 — примеры их применения.

Эскизы и размеры разрывных контактов из драгоценных металлов и их сплавов (марки сплавов Ср 999, СрМ 900, СрПд 20, СрПл 12, Пл 99,9, ПлН 4,5 и др.) приведены в таблице на листе 69. Размеры контакта из марки Ср 999 (рис. 5) могут быть выбраны по табл. 2.

Таблица 2

| *I*, А | Размеры в мм | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *D* | *h* | *R* | *d* |
| 0,2—2 | 1,5 | 0,6 | 2 | 1,2 |
| 0,2—6 | 3,0 | 0,6 | 5 | 2,0 |
| 0,2—10 | 3,5 | 0,8 | 7 | 2,0 |
| 0,2—15 | 5,0 | 0,8 | 25 | 3,6 |

Рекомендуемые размеры расклепанной части одностороннего контакта и необходимые для ее образования размеры хвостовой части контакта приведены в табл. 3 и 4 (рис. 6, 7).

Таблица 3

Размеры в мм

| *d* | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *l* | 0,5 | | | | 0,7 | 0,8 | | 0,9 |
| *H* | 0,2—0,3 | | | | 0,3—0,4 | | 0,4 | 0,5 |

Таблица 4

Размеры в мм

| *d* | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *l* | 0,45 | 0,5 | | 0,6 | 0,7 | | 0,8 | | 0,9 |
| *H* | 0,2 | 0,3 | | 0,4 | | 0,5—0,6 | | 0,7 | |

Соединение цилиидрического и дискового контактов с контактонесущей пластиной показано на рис. 8 и 9. Марку припоя необходимо выбирать с учетом возможного нагрева контакта при работе. Экономически выгодно контакт формировать нанесеннем слоя контактного материала толщиной до 250 мкм на ребра изогнутой плоской контактной пластины (рис. 10), выполненной из бронзы Бр Б2,5, или на поверхность, полученную выдавливанием (рис. 11 и 13).

Контакт *1* (рис. 12) может быть соединен холодной сваркой с контактодержателем *2*, который от втулки *3* изолирован стеклом. В конструкции возможно перемещение контакта в осевом направлении. Такая же регулировка возможна и в конструкциях, выполненных на рис. 14 и 15.

На рис. 16 показаны рабочие и подсоединиительные коицы контактных пружин.

Конструкции устройств с разрывными коитактами приведены на рис. 17 и 18. Контактная группа реле (рис. 17) собирается с помощью двух винтов *1*, которые стягивают в пакет неподвижную *2* и подвижную *3* контактные пластины, упоры *4* и изолирующие прокладки *5*. В конструкции (рис. 18) подвижная пластина *2* является кулисой кулачкового механизма. Пластины *1* и *2* заформованы в основаиии *4*. Кулачок *3* выполнен из токонепроводящего материала. Возможна регулировка замыкаиия смещением осиования *4* при ослабленном винте *5*.

**Лист 70.** Приведены конструкции токоподводов к вращающимся деталям (*1* — ротор, *2* — статор). В вариантах на рис. 1, 2, 3 и 4 применены скользящие контакты, и на рис. 5 и 6 — токоподводы. Тип конструкции следует выбирать на основе табл. 5.

Свободный провод (рис. 6) можно применять только в случае фиксированного относительно земли положения приборного устройства и при отсутствии требований к постоянству момента сопротивления токоподвода.

На рис. 7 показан общий вид совмещенной конструкции опора—токопровод. Ротор представляет собой ось, которая винтами соединяется с валом (на чертеже не показан) приборного устройства. Ось *1* соединена с шарикоподшипником *2* посадкой с зазором. Внутри оси *1* пропущены пять проводов *3*, проводники которых соединены с роторными контактными кольцами *4* пайкой. Эти кольца и места пайки изолируют от контактодержателя *5* хлорвиниловыми втулками *6* и двумя картонными пластинками *7*. После сборки провода *3* заливают эпоксидным клеем через прорезь в контактодержателе.

Статор собран на основании *8* и представляет совокупиость чередующихся щеткодержателей *9* и изолирующих текстолитовых прокладок *10*. Контактные щетки *11* с плоскими пружинами *12* вставлены в прорези, имеющиеся в щеткодержателе *9*, и опаяны. В каждом щеткодержателе симметрично закреплены две щетки *11*, контактирующие с одиим из роторных колец *4* (это повышает надежность контакта и уменьшает радиальное усилие на ротор со стороны статора). Щеткодержатели *9* и прокладки *10* зажимают на основании *8* пластиной *13* с помощью четырех винтов *14*. Основание *8* соединено со втулкой *15* двумя винтами *16*.

Электроподвод к статору осуществляется при помощи проводов *17*, подпаиваемых к выступам щеткодержателей *9*.

Втулка *15* с помощью винтов присоединяется к корпусу прибориого устройства, не показанного на чертеже.

Представленная конструкция токоподвода позволяет соединить с ротором пять каналов. Количество каналов может быть увеличеио добавлением необходимого количества колец *4* и щеткодержателей *9*, т. е. развитием конструкции в осевом направлении.

Таблица 5

| Основные характеристики | Конструкция | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вилочная | Щеточная | Цанговая | Осевой контакт | Упругий волосок | Свободный провод |
| | № рисунка | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Тип контакта | Линейный | Плоскостной | | Точечный | | |
| Переходное сопротивление $R_к$, Ом | 0,01 | 0,001 | 0,0001 | 0,001 | 0 | |
| Стабильность | Низкая | Высокая | | Средняя | Очень высокая | |
| Индуктивность | Значительная | | Ничтожная | Малая | Малая | Большая |
| Величина $M_{тр}$ | Большая | | | Малая | Отсутствует | |
| Угол поворота ротора, град | Любой | | | | 360 | 90 |

**Лист 71.** На рис. 1—13 показаны способы установки и крепления электрических двигателей в корпусах изделий. Если по каким-либо технологическим, конструктивным или другим причинам не удается установить двигатель, потенциометр или другие электрические машины в корпус, то применяют промежуточные установочные детали типа переходного стакана, зажима и т. п.

**Лист 72.** Способы установки в переходные устройства показаны на рис. 1, 8, 10 многооборотных потенциометров типа ППМЛ, а на рис. 2—7, 9, 11 — электродвигателей.

**Лист 73.** На листе приведены присоединительные и габаритные размеры электродвигателей. На рис. 1 приведен габаритный чертеж электродвигателя УАД (универсальный асинхронный двигатель) с флаицевым креплением и одним выходным валом. Двигатели этого типа выпускают и с двумя выходными валами (рис. 2). Габаритные и посадочные размеры приведены в табл. 1. На рис. 3 приведен габаритный чертеж электродвигателя УАД с креплением по диаметру *D*. Двигатели этого типа выпускают также и с двумя выходными валами (рис. 4). Габаритные и посадочные размеры приведены в табл. 2. Технические данные некоторых типов электродвигателей УАД приведены в табл. 3. На рис. 5 приведены габаритные и установочные размеры электродвигателей СЛ-161 и СЛ-163. На рис. 6 и в табл. 4 приведены габаритные и посадочные размеры электродвигателей типа ДИД-0,1; ДИД-0,5; ДГ-0,1; ДГ-0,5. На рис. 7 представлены габаритные и посадочные размеры электродвигателей типа ДПР с центробежным регулятором скорости. На рис. 8 приведены присоединительные и габаритные размеры электродвигателей ДП-11, ДП-12, ДП-13, ДП-31, ДП-32, ДП-33. Электродвигатели ДП-31, ДП-32, ДП-33 выполнены с двумя выходными валами (рис. 9).

**Лист 74.** В табл. 1 приведены основные технические данные шаговых электродвигателей. На рис. 1 показаны шаговые электродвигатели типов ДШ-0,025А, ДШ-0,04А, ДШ-0,01А, ДШ-0,25А, а их размеры — в табл. 2. Чертеж электродвигателя ШД-2 приведен на рис. 2, а размеры приведены в табл. 3. На рис. 3 приведен чертеж электродвигателей ДШ-0,4А и ДШ-1А, а в табл. 4 — их размеры. На рис. 4 дан чертеж электродвигателя ШДА-3, а в табл. 5 приведены размеры двигателей такого типа. Чертеж потенциометра типа ПТП показан на рис. 5, а в табл. 6 приведены характеристики потенциометров такого типа. На рис. 6 приведен чертеж многооборотного потенциометра типа ППМЛ, а на рис. 7 — рекомендуемая конструкция посадочной части узла или детали для посадки на ось потенциометра. Способы крепления зубчатых колес на валы электродвигателей приведены на рис. 8—10.

# 13. КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ

**Лист 75.** Корпусные детали (корпуса и кронштейны) применяют для закрепления всех подвижных и неподвижных деталей механизмов, обеспечивают их требуемое взаимное положение, воспринимают динамические нагрузки, обеспечивают необходимую точность и надежность работы механизма, защиту от внешних воздействий.

Корпусные детали имеют следующие обобщенные характеристики.

1. Основные отверстия изготовляют по 7—8-му квалитетам.

2. Точность формы основных отверстий нормируется пределами точности диаметральных размеров отверстий (1/4—1/2) δ, где δ — допуск.

3. Шероховатость поверхности основных отверстий нормируется по 6—7-му классам шероховатости. Рекомендации по назначению шероховатостей других поверхностей приведены на листе 82.

4. Допуски на межосевые расстояния и расстояния от базовых поверхностей ограничиваются пределами 0,01—0,1 мм.

5. Допустимая несоосность отверстий составляет 0,03—0,07 мм.

6. Непараллельность осей и поверхностей в пределах 0,03—0,1 мм.

7. Допуски на межосевые расстояния крепежных отверстий, а также допустимые отклонения их диаметральных размеров не оговариваются или определяются значением 0,1—0,3 мм.

Большинство корпусных деталей изготовляют из литейных сплавов на основе алюминия (АЛ2, АЛ8, АЛ9, АЛ16), магния (МА5, МА10) и деформируемых сплавов Д1Т, Д16Т и др. Кроме того, корпусные детали изготовляют из сталей (35Л, 45Л, 50Л, 4Х13 и др.) бериллиевой бронзы, титановых сплавов, чугуна, латуней и пластмасс.

В условиях серийного производства корпусные детали изготовляют литьем или штамповкой с последующей механической обработкой, а в мелкосерийном и единичном производстве — механической обработкой на универсальных станках, а также с помощью сварки или пайки.

По конструктивным признакам корпуса механизмов приборов можно разделить на следующие типы: цельные, разъемные, одноплатные, двухплатные и сборные.

**Конструкции цельных корпусов** приведены на рис. 1, 4, 6. На рис. 1 изображены корпусные детали коробчатой формы: корпуса с днищем (рис. 1, *а*) и без днища (рис. 1, *б*), корпус с перекрещивающимися осями (рис. 1, *в*). Для установки деталей механизма в корпусах имеются монтажные отверстия, которые закрывают крышками. Корпуса этого типа имеют хорошую защиту от внешних воздействий, высокую прочность и жесткость, что позволяет осуществлять конструкции с различным пространственным положением деталей и узлов механизмов. Недостатком коробчатых корпусов является ограничение возможности предварительной сборки деталей в узлы до установки их в корпусе. Часто это ограничение можно устранить правильным выбором размеров и расположения крышек.

Корпуса получают литьем, механической обработкой и сваркой. На рис. 4 приведены основные типы корпусов-кронштейнов, которые применяют как самостоятельные детали и элементы одноплатных корпусов: кронштейн одностоечный со сквозным отверстием (рис. 4, *а*), кронштейн двухстоечный с двумя параллельными осями (рис. 4, *б*), кронштейн с двусторонней выточкой (рис. 4, *в*). Кронштейн, как правило, получают литьем с последующим растачиванием точных отверстий, фрезерованием плоскостей и т. д. Корпуса — тела вращения приведены на рис. 5, *а* и *б*.

Из многочисленных разновидностей корпусов этого типа следует выделить корпуса—трубы, имеющие специфические особенности — сравнительно малую толщину 2—5 мм при длине 300—500 мм и наибольшем диаметре 40—100 мм. Корпуса-трубы изготовляют цилиндрической или конической формы, как правило, точением. Корпуса этого типа применяют в оптических (лабораторных) приборах.

«Пространственные» корпуса характеризуют сложной пространственной ориентацией их поверхностей и отверстий. На рис. 6 и 8 приведены две разновидности таких корпусов: фасонный корпус (рис. 6) и корпус с цилиндрическим рабочим объемом с основанием (рис. 8). «Пространственные» корпуса изготовляют литьем. Корпуса этого типа имеют высокую прочность и жесткость. Их применяют как в качестве самостоятельных корпусных деталей, так и элементов корпуса приборов.

**Разъемные корпуса** приведены на рис. 2. Они состоят из двух частей: плоскость разъема и соединения в зависимости от компоновки совпадает с плоскостью расположения валиков (корпус соосный — рис. 2, *а* и корпус развернутой схемы — рис. 2, *б*) или располагается перпендикулярно к осям валиков (рис. 2, *в*). Фиксирование одной детали относительно другой осуществляется заточками (если корпус имеет круглую форму) или двумя штифтами, удаленными на максимально возможное расстояние при плоской конструкции. Корпуса этого типа имеют высокую прочность и жесткость, хорошо защищают детали механизма от вредных внешних воздействий и допускают применение узлового принципа сборки механизма. Их используют в серийном и массовом производстве. Детали корпуса изготовляют литьем, реже — механической обработкой.

**Одноплатные корпуса** обычно имеют форму пластины (рис. 7), изготовленной литьем с необходимыми ребрами жесткости и приливами или штамповкой с последующей механической обработкой. Конструктивно корпуса этого типа изготовляют в двух вариантах: с расположением осей валиков параллельно (рис. 7, *а*) и перпендикулярно плате (рис. 7, *б*). В конструкции корпуса (рис. 7, *а*) подшипники крепят в стойках или кронштейнах и весь механизм размещают по одну сторону платы. В конструкции корпуса (рис. 7, *б*) подшипники валиков крепят в цилиндрических втулках с фланцами или в цилиндрических приливах, а детали и узлы механизма располагают по обе стороны платы. Корпуса этого типа технологичны, допускают узловую сборку механизма и удобную регулировку, позволяют унифицировать большинство применяемых деталей и узлов, имеют достаточную прочность и жесткость. Корпуса этого типа используют как в серийном, так и единичном производстве.

**Двухплатные корпуса** являются самыми технологичными и легкими, допускают применение узлового принципа сборки. На рис. 3 приведена конструкция двухплатного корпуса. Платы соединяют между собой стойками и закрепляют винтами или развальцовкой. Корпуса этого типа изготовляют как с регулируемым, так и нерегулируемым межосевым расстоянием. Детали механизма располагают между платами, и другие элементы (двигатели, шкалы, потенциометры) на платах. Обычно применяют двухплатные корпуса с параллельным расположением плат (рис. 3, *а*). Корпуса этого типа обладают невысокой прочностью и жесткостью. Для защиты от внешних воздействий двухплатные корпуса размещают внутри корпуса прибора или закрывают кожухом. Корпуса применяют в серийном и массовом производстве.

**Сборные корпуса** обычно используют для макетов и опытных образцов. Они состоят из пластин, угольников, крышек, соединяемых винтами, штифтами или сваркой. На рис. 7, *в* приведена конструкция сборного корпуса коробчатого типа, а на рис. 3, *б* — двухплатного. Корпуса этого типа имеют достаточную прочность и жесткость и допускают возможность узловой сборки.

Конструкции типовых посадочных мест и отверстий для крепления и установки в корпусах наиболее распространенных элементов приборов показаны на рис. 9. Отверстия для установки двигателя с центрирующей заточкой растачивают по *H7* и выполняют комбинированными (рис. 9, *а*) (при малом межосевом расстоянии и установке в корпусе опоры в пределах центрирующей заточки) или сквозными (рис. 9, *б*). В первом случае между корпусом и двигателем предусматривается зазор $\Delta = 0{,}1 \div 0{,}5$ мм. Отверстие для установки потенциометров типов ПТП и ПЛ изготовляют глубиной 1 мм и растачивают с предельными отклонениями по *H8*. На рис. 9, *г*, *д*, *е* соответственно показана установка подшипников качения с помощью втулок при небольшой толщине корпуса в конструкциях с регулируемым и нерегулируемым межосевым расстоянием, а на рис. рис. 9, *в* — установка подшипника качения непосредственно в корпус. Для фиксации элементов, устанавливаемых в корпус по посадке (рис. 9, *д*), используют один штифт. Для точного фиксирования взаимного расположения деталей, устанавливаемых в корпусе с зазором (рис. 9, *г*), а также кронштейнов применяют два штифта, поставленных друг от друга на возможно большее расстояние. Конструктивное оформление эле-

ментов конструкции корпуса при установке подшипников скольжения показано на рис. 9, *ж*, *и*, *к*. Для сохранения смазки на наружной стороне корпуса в отверстиях предусматриваются фаски—масленки. Глухие отверстия в основном предназначены для установки полуосей. При проектировании таких отверстий необходимо учитывать образование конуса от сверла (рис. 9, *л*), а при чистовой обработке предусматривать канавку для выхода режущего инструмента (рис. 9, *м*) или указывать глубину $l$ чистовой обработки (рис. 9, *н*). При конструировании резьбовых отверстий в корпусах предусматривают заходную фаску (рис. 9, *п*, *р*. *с*), канавку для выхода режущего инструмента (рис. 9, *с*). На рис. 9, *р* показана простановка размеров в глухом резьбовом отверстии Обработка глухих отверстий более сложна, чем сквозных, поэтому рекомендуется по возможности использовать сквозные отверстия. На рис. 9, *т—ф* показаны конструкции крепежных отверстий.

При разработке элемеитов корпуса можно руководствоваться рекомендациями по выбору классов шероховатости поверхностей, приведенными в таблице на листе 75. Конструктивно оформление гнезд для подшипников, устанавливаемых в толстом корпусе, показаны на рис. 9, *х*, в тонком — на рис. 9, *ц*.

**Лист 76.** При конструировании литых деталей необходимо выполнять следующие требования: предусматривать плоский разъем формы (рис. 1, *а*); стенки деталей должны иметь простые геометрические формы — плоские, цилиндрические, конические и по возможности быть одинаковой толщины. На рис. 1, *д—ж* показаны примеры конструкций с неравномерной толщиной стенок и способы выравнивания толщины стенок. Минимальные толщины стенок в зависимости от материала деталей и вида литья приведены в табл. 1. Боковые поверхности деталей выполняют с технологическими литейными и конструктивными уклонами, необходимыми для беспрепятственного извлечения отливки из формы (рис. 1, *в*). Величина технологического уклона $\beta_т$ зависит от способа литья и высоты $H$ элемента отливки и составляет при литье в землю — 1—3°, при литье под давлением — наружные уклоны — 0,5—1 % от $H$, а внутренние — 1—1,5 % от $H$, при литье в кокили наружные уклоны — 1—1,5 % от $H$, а внутренние уклоны —2—5 % от $H$ (меньшее значение для $H > 50$ мм). Рекомендуется литейные уклоны по возможности заменять конструктивными (рис. 1, *к*, *л*), значения которых приведены в табл. 6. На рис. 1, *б—г* показаны неправильные конструкции деталей, имеющих поднутрения и конструкции деталей, когда поднутрения устранены. Сопряжения стенок следует выполнять плавными (рис. 1, *м—п*), при этом радиусы закругления назначают в соответствии с табл. 2. Рекомендуется обрабатываемые поверхности корпусов располагать в одной плоскости (рис. 1, *р*, *с*) и делать их выступающими на 2—5 мм над необрабатываемыми. Если расстояние между бобышками меньше 15—18 мм (при литье под давлением и кокили) или 25—30 мм (при литье в землю), то отдельные бобышки соединяют в одну (рис. 1, *с*). Для увеличения жесткости деталей рекомендуется применять ребра жесткости (рис. 1, *и*) толщиной $a_1 = (0{,}6 \div 0{,}8)\,a$ и высотой $h \leqslant 5a$. Для получения заготовок при серийном и массовом производстве применяют литье в кокиль, под давлением и по выплавляемым моделям, а в единичном производстве — литье в землю. Технические характеристики способов литья приведены в табл. 7. На рис. 2 приведен пример чертежа литого корпуса. В табл. 3, 4, 5 приведены необходимые справочные материалы для конструирования отверстий, получаемых литьем.

**Лист 77.** Приведены примеры конструкции деталей, изготовляемых штамповкой, и необходимые справочные материалы. При разработке конструкции деталей с учетом их изготовления холодной штамповкой рекомендуется применять простые формы, образованные прямыми линиями и дугами окружностей, закруглять наружные и внутренние углы (рис. 1, *а—г*). Размеры отверстий и минимальные расстояния между ними в зависимости от материала и толщины детали назначают в соответствии с табл. 1 и 2. Необходимые радиусы закругления элементов детали приведены в табл. 3. В табл. 4 приведены данные по точности диаметров контуров, полученных вырубкой и пробивкой с указанием трех групп точности.

В конструкциях плат одноплатных и двухплатных корпусов механизмов на наружных сторонах предусматриваются фаски для размещения смазки. При использовании опор скольжения глубину фаски выполняют равной примерно половине диаметра отверстия с углом фаски 45°. Допуск на неплоскостность плат обычно не превышает 0,05 мм на длине 50 мм. При разработке плат двухплатных корпусов необходимо стремиться к тому, чтобы контуры и расположение отверстий позволяли вырубать заготовки обеих плат с помощью одного и того же штампа. Для этого не требуется, чтобы отверстия в обеих платах были все одинаковыми. При необходимости в одной из плат можно предусматривать отверстия, через которые будет производиться калибровка отверстия в другой плате. На рис. 2 приведен пример конструктивного оформления плат двухплатного редуктора.

Необходимые данные для конструирования гнутых деталей приведеиы на рис. 4. Минимальный радиус гибки назначают в зависимости от материала детали и угла гибки (табл. 5, 6). При гибке узкой части детали (рис. 4, *б*) расстояние до кромки листа выбирают не меньше $R + s$. Если в конструкции предусматривается отгибка в пределах кромки листа (рис. 4, *в*), то в детали необходимо предусматривать пазы глубиной $h \geqslant R + s$ и шириной $b \geqslant s$. Расстояние $l$ от полки до центра отверстия (рис. 4, *а*) выбирать не меньше $0{,}5d + R + 3s$. Для неответственных размеров деталей, получаемых гибкой, принимают симметричное расположение допусков по 16-му квалитету точности (рис. 4, *г*).

**Лист 78.** Приведены примеры конструкций и соединений наиболее распространенных элементов сборных и разъемных корпусов. На рис. 1 представлен пример чертежа корпуса редуктора, полученного механической обработкой. Сборка двухплатных корпусов с параллельным расположением плат (лист 75, рис. 3, *а*) осуществляется их установкой на 3—4 стойки с последующим закреплением винтами. Соединение плат со стойками показано на рис. 2: развальцовкой одного конца стойки в нижней плате (рис. 2, *а*) и креплением верхней платы винтами (рис. 2, *б* или *в*), привинчиванием стойки с двух сторон к обеим платам (рис. 2, *б* или *в*), с помощью стойки с буртиком на одном конце и резьбой на другом (рис. 2, *г*). В стойках необходимо обеспечить соосность цапф, определяющих положение одной платы относительно другой, перпендикулярность опорных торцов к оси цапф и параллельность опорных торцов. Диаметры посадочных выступов стойки выполняют с предельными отклонениями по *h6*, размер между заплечиками по *h8*, несоосность посадочных мест стойки не должна превышать 0,01 мм. Лучшее выдерживание указанных выше параметров обеспечивает конструкция, показанная на рис. 2, *г*. Точность расстояиия между платами и их параллельность достигается совместным шлифованием торцовых поверхностей распорных втулок, соосность цапф стойки обеспечивается автоматически, так как обе цапфы являются продолжением одиой и той же оси. Ось со втулкой собирают по посадке $H7/j_s6$. Глухое резьбовое отверстие М3...М5 можио использовать для крепления механизма.

Соединение элементов сборного корпуса показано на рис. 3. При толщине стенок больше 3 мм рекомендуется крепление деталей в торец (рис. 3, *а*). Если толщина стенок не позволяет применить указаиное крепление, т. е. при толщине стенок 1,5—2 мм, то крепление элемеитов корпуса осуществляется с номощью уголков (рис. 3, *б*). Стенки и основаиие корпуса соединяются между собой винтами и штифтами. В ряде случаев для обеспечения необходимой жесткости сборных корпусов используют пайку, сварку, загибку или развальцовку кромок стенок корпусов. Элементы конструкции сборных корпусов выполняют из листовых материалов (сталь, алюминиевые сплавы, пластмассы) толщиной стенок не менее 1,5—2 мм для стальных корпусов и 3—4 мм для корпусов из пластмассы.

Опоры вращающихся деталей механизма крепят с помощью фланцевых соединений и крышек или непосредственно в корпусе (лист 75). На рис. 4 показано крепление фланца к корпусу болтами (рис. 4, *а*), соединение деталей с корпусом с помощью закладного стакана с фланцем (рис. 4, *б*), установка консольной опоры (рис. 4, *в*), установка шарикоподшипиików в тонкостенных корпусах (рис. 4, *г*, *д*). Для упрощения технологии посадка деталей при соединении фланцами должна производиться на одну посадочную плоскость. Зазор между деталями принимают равным 0,1—0,5 мм (рис. 4, *а*, *е*). При соединении деталей по цилиндру обычно предусматривают расположение винтов по окружности. Минимальное число винтов при этом должно быть не меньше трех (рис. 4, *г*). Для фиксации положения деталей наряду с винтами применяют цилиндрические и конические штифты. В соединениях с зазором используют два штифта (рис. 4, *г*), а в соединениях деталей с точными центрирующими элементами (рис. 4, *д*) используют один штифт. Крепление кронштейна и крышек к корпусу по плоскостн показано

на рис. 4, *ж—л*. Применение винта с барашком (рис. 4, *л*) облегчает работу при частом снятии крышки. Примеры конструктивного оформления деталей корпусов показаны на рис. 5: посадочные места корпуса и крышки с центрирующим буртиком (рис. 5, *а*), стойка для крепления в плате развальцовкой (рис. 5, *б*), кронштейн (рис. 5, *в*), втулка (рис. 5, *г*).

**Лист 79.** Герметизация. приборов предназначена для защиты механизмов и деталей, располагаемых внутри прибора, от воздействия внешней среды и осуществляется созданием непроницаемых для газов, жидкости и пыли кожухов и корпусов.

Основными элементами, которые необходимо герметизировать, являются крышки, защитные стекла, электрические и механические вводы, плоскости разъема и стенки корпусов.

Защитные стекла *1* в корпусе крепят, как показано на рис. 1: пружинящим кольцом *3* (рис. 1, *а*), резьбовым кольцом *5* (рис. 1, *б*); пружинящим рантом *4*, запрессованным изнутри в корпус (рис. 1, *в*), болтами (рис. 1, *г*, *д*).Для обеспечения герметичности применяют резиновые прокладки *2* (рис. 1, *б*, *г*, *д*) или специальные замазки *6* (рис. 1, *а*, *в*). Крепление иллюминаторов показано на рис. 1, *г*, *д*. Для обеспечения равномерности нагрузки на иллюминатор стекло *1* прижимается к хорошо обработанной плоской (рис. 1, *г*) или конической (рис. 1, *д*) поверхности *А*.

Герметизация плоскостей разъема показана на рис. 2. Герметизация уплотнителями, в качестве которых используют резину, свинец, асбест, рекомендуется для корпусов, которые могут вскрываться в процессе эксплуатации для осмотров и ремонта. На рис. 2, *а*, *б*, *и* показана установка резиновых прокладок. Величина деформации резиновых прокладок составляет 25—30 %. Герметизация корпусов, изготовляемых из листовой стали и латуни, производится закаткой (рис. 2, *в*), пластической деформацией (рис. 2, *г*), сваркой (рис. 2, *д*). Часто герметизация корпусов осуществляется с помощью пайки, заливки эпоксидным компаундом и установкой резиновых прокладок (рис. 2, *е*, *ж* и рис. 6).

Конструктивное оформление электрических вводов в герметичные корпуса показано на рис. 3. Герметичность вводов осуществляется сальниками для ввода кабелей, стеклянными изоляторами и специальными герметизированными разъемами. Например, в отверстие сальника (рис. 3, *б*) вставляется герметичный кабель *1* с гладкой наружной изоляцией. Вращением гайки *2* давление через шайбу *3* передается на резиновый уплотнитель *4*, который плотно обжимает кабель *1*. На рис. 3, *д* показан стеклянный проходной изолятор, который припаивается к корпусу с помощью шайбы *1*, а в трубку вставляется проводник, к которому припаивается клемма *4*. При вводе в корпус нескольких проводников применяют набор стеклянных изоляторов (рис. 3, *в*, *е*), многоштыревые проходные планки (рис. 3, *а*) и изоляторы (рис. 3, *г*). Для надежности герметичности электрического ввода в корпус детали соединения изготовляют из материалов, имеющих близкие значения коэффициентов линейного расширения. Например, в конструкциях (рис. 2, *г*, *д*) дет. *1* и *3* изготовлены из сплава «Ковар», а дет. *2* — из стекла.

Герметизация подвижных соединений (валиков, имеющих вращательное движение, и штоков, имеющих поступательное движение) показана на рис. 4 и 5.

Абсолютная герметизация подвижных соединений обеспечивается применением сильфонов, мембран, волновых зубчатых редукторов, герметизированных кулачковых и бесконтактных магнитных муфт. На рис. 4, *а* показан ввод в герметизированное пространство с помощью волнового редуктора (ВЗР). Электродвигатель приводит во вращение валик *1*, на конце валика закреплен эллиптический кулачок *5* с гибким подшипником *4*. Гибкое зубчатое колесо *2* приварено к стенке герметичного кожуха *6*. Выходным звеном волновой передачи является жесткое зубчатое колесо *3*.

Ввод в герметизированное пространство с помощью мембраны *1* показан на рис. 4, *б*. Толкатель *2*, припаянный к мембране, получает движение от рычага *3* и передает его штоку *4*, находящемуся в герметизированном пространстве.

Герметизация механических выводов (с утечкой) показана на рис. 5. Герметизация достигается установкой манжетных уплотнений, выполняемых из кожаных, резиновых и пластмассовых материалов (рис. 5, *а*); уплотнений с помощью суконных или фетровых прокладок, пропитанных смазкой, с периодическим (рис. 5, *б*, *в*) или постоянным (рис. 5, *г*) поджимом по мере их износа; применением лабиринтных (рис. 5, *д*, *и*) или комбинированных (рис. 5, *е*, *к*) уплотнений. На рис. 5, *к* показано уплотнение с помощью мембран, изготовляемых в виде колец из бронзы или стали. Мембраны *4* закрепляются на валу *1* кольцами *5*, а в корпусе *2* — резьбовым кольцом *3* и уплотняются консистентными смазками. Герметизация штоков с помощью круглых прокладок показана на рис. 5, *л*, *м*.

Герметизация стенок корпусов, обладающих пористостью, микротрещинами, наличием капилляров (например, литые корпуса с последующей механической обработкой), осуществляется нанесением на внутреннюю поверхность грунта, а на наружные — масляной краски или эмали (рис. 6). Часто для герметизации применяют пропитку клеем БФ-4 или бакелитовым лаком в вакуумных установках.

Пример герметизации гироприбора дан на рис. 6, где обозначено: *1* — кожух, *2* — крышка кожуха, *3* — резина, *4* — стекло, *5* — кольцо декоративное, *6* — кольцо, *7* — прокладка, *8* — корпус, *9* — изолятор стеклянный, *10* — трубка.

# 14. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

**Лист 80.** Чертеж общего вида (ГОСТ 2.102—68) выполняется на стадии технического проекта. Он служит основанием для разработки рабочей документации. Чертеж общего вида должен содержать (ЕСКД ГОСТ 2.119—73 и ГОСТ 2.120—73) изображение изделия с поясняющими видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его основных составных частей и принципа работы изделия. На чертеже общего вида допускается помещать техническую характеристику изделия.

При курсовом проектировании чертеж общего вида выполняется как наиболее полный чертеж изделия, содержащий максимальное количество информации о конструкции изделия и взаимодействия его элементов. Поэтому в учебных целях на чертежах общего вида рекомендуется давать полное изображение элементов (фаски, проточки, сбеги и многие другие элементы деталей). Стандартные элементы конструкции, например, электродвигатели, потенциометры показывают внешним видом, но с подробной разработкой способа их крепления и монтажа.

На чертеже общего вида следует изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении.

На чертеже общего вида указывают габаритные и присоединительные размеры, необходимые для разработки устройств, стыкуемых с данным изделием. Посадочные размеры указываются в тех случаях, когда применение иной посадки не обеспечит нормального функционирования устройств или затруднит его сборку. Проставляются также взаимосвязанные посадки (например, $\varnothing 5к6$, $\varnothing 5\frac{F6}{k6}$, $\varnothing 5\frac{F9}{k6}$ — см. лист 80). По указанию преподавателя необходимо также указать некоторые типовые посадки (например, посадки подшипников качения) *. Чертеж общего вида не имеет спецификации.

**Лист 81.** Сборочный чертеж разрабатывается на основе чертежа общего вида и предназначен для обслуживания процесса сборки, т. е. должен давать полные сведения о взаимодействии деталей, сборочных единиц и о способах их соединения. Общий сборочный чертеж вычерчивается упрощенно, так как выявлять во всех подробностях форму элементов деталей здесь не требуется, ибо на рабочее место сборки все детали и сборочные единицы обычно поступают в готовом виде (исключение составляют детали, которые изготовляют по данным самого сборочного чертежа). На чертеже указывают технические требования на сборку, регулирование, контроль и т. д. Разрабатывается спецификация.

По ГОСТ 2.102—68 сборочный чертеж входит в комплект рабочей документации.

* Указание всех посадок на чертеже общего вида технически весьма затруднительно, да и не является необходимым, указание некоторых посадок преследует чисто учебные цели.

Основные требования к сборочному чертежу определяются ГОСТ 2.109—73 ЕСКД. Подобно общему сборочному чертежу оформляются и чертежи сборочных единиц. Отметим, что рациональное деление механизма на составные части имеет большое организационно-техническое и экономическое значение. Целесообразно и экономически выгодно, чтобы прибор состоял из максимального количества сборочных единиц, являющихся самостоятельными. Наличие таких сборочных единиц позволяет осуществить их параллельную сборку, испытания и приемку. Кроме того, это расширяет конструктивную преемственность, т. е. возможность применения в новых изделиях сборочных единиц из других изделий, находящихся в действующем производстве. При конструировании необходимо стремиться к максимальному объединению деталей в сборочные единицы. Это имеет большое значение для рационализации, технологии сборочных процессов, уменьшения трудоемкости сборки, особенно в крупносерийном и массовом производстве.

# 15. ТОЧНОСТЬ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

**Лист 82.** На листе представлены предпочтительные поля допусков и предельные отклонения валов и отверстий по СТ СЭВ 144—75 для номинальных размеров от 1 до 120 мм (в стандарте приведены данные для размеров до 500 мм) и для номинальных размеров менее 1 мм, таблица, содержащая общие рекомендации по применению посадок, по СТ СЭВ 144—75 и примеры простановки посадок и предельных отклонений на детальных и сборочных чертежах.

**Лист 83.** Приведены основные размеры метрической резьбы, степени точности и поля допусков, длины свинчивания по СТ СЭВ 181—75, схемы расположения полей допусков, примеры обозначения резьб на чертежах, а также номинальные диаметры и шаги резьб по СТ СЭВ 183—75.

**Лист 84.** Приведены основные размеры трапецеидальных резьб СТ СЭВ 146—75, предельные отклонения и схемы расположения полей допусков на диаметры резьбы, примеры обозначения резьб на чертежах (рис. 3) по СТ СЭВ 836—78.

**Лист 85.** Приведены нормальные конусности, ряды нормальных угловых размеров и их предельные отклонения (СТ СЭВ 178—75) и примеры обозначения отклонений углов деталей на чертежах.

Приведены основные данные по шероховатости поверхности: значения параметров $Rz$ и $Ra$ (ГОСТ 2789—73), правила условного обозначения шероховатости и примеры указания шероховатости на чертежах типовых деталей.

**Лист 86.** Приведены основные данные по нормированию погрешностей формы и взаимного расположения поверхностей (СТ СЭВ 368—76, СТ СЭВ 636—77), примеры указания предельных отклонений поверхностей деталей на чертежах (СТ СЭВ 368—76).

**Лист 87.** Приведены рекомендуемые поля допусков для посадок подшипников качения на валы и в корпуса (СТ СЭВ 773—77 и СТ СЭВ 774—77), схема расположения полей допусков, пример указания посадок на узле подшипника качения. Приведены примеры оформления чертежей типовых деталей приборов.

**Лист 88.** Приведены ряды модулей зубчатых колес (СТ СЭВ 310—76) и рекомендуемые числа зубьев колес (ГОСТ 13733—68), а также рекомендации по выбору степеней точности для зубчатых колес. На рисунке представлены виды сопряжений зубчатых колес в передаче для модулей $m \geqslant 1$ мм (СТ СЭВ 641—77) и модулей $m < 1$ мм (СТ СЭВ 642—77).

# Условные графические обозначения на кинематических схемах

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| 1. Вал, валик, ось, стержень, шатун и т.п. | |
| 2. Знак, характеризующий неподвижность кинематического элемента | |
| 3. Неподвижное закрепление оси, стержня, пальца и т.п. | |
| 4. Соединение стержня с неподвижной опорой: а) шарнирное с движением в плоскости чертежа б) шаровым шарниром. Опора для стержня: в) подвижная г) неподвижная | а) б) в) г) |
| 5. Неподвижная опора для стержня, движущегося возвратно-поступательно а) скольжения б) качения | а) б) |
| 6. Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): а) радиальный односторонние: б) радиально-упорный в) упорный | а) б) в) |
| 7. Подшипники скольжения: а) радиальный односторонние: б) радиально-упорный в) упорный | а) б) в) |
| 8. Подшипники качения: а) радиальный б) радиально-упорный (а, б - общее обозначение) в) упорный шариковый | а) б) в) |
| 9. Соединение детали с валом: а) свободное при вращении б) подвижное без вращения в) глухое г) при помощи вытяжной шпонки | а) б) в) г) |
| 10. Соединение двух валов: а) глухое б) зубчатой муфтой в) предохранительной муфтой | а) б) в) |

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| 11. Муфта обгона самовключающаяся односторонняя | |
| 12. Муфты сцепления: а) кулачковая односторонняя фрикционные (б, в, г): б) общее обозначение без уточнения типа в) односторонняя (общее обозначение) г) односторонняя электромагнитная (общее обозначение) | а) б) в) г) |
| 13. Ползун в неподвижных направляющих | |
| 14. Передача фрикционная с цилиндрическими роликами | |
| 15. Передача плоским ремнем открытая | |
| 16. Передачи зубчатые (цилиндрические): а) внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев) б) то же, с прямыми, косыми и шевронными зубьями в) внутреннее зацепление | а) б) в) |
| 17. Передачи зубчатые с пересекающимися валами (конические): а) общее обозначение без уточнения типа зубьев б) с прямыми, спиральными и круговыми зубьями | а) б) |

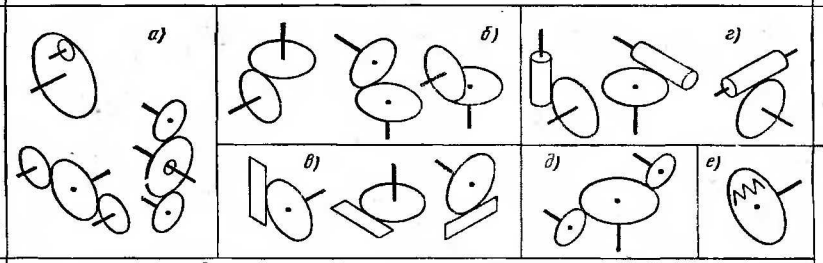
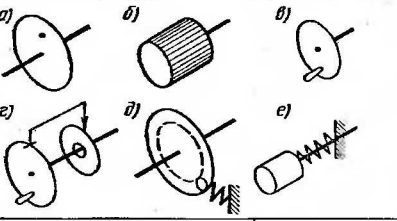
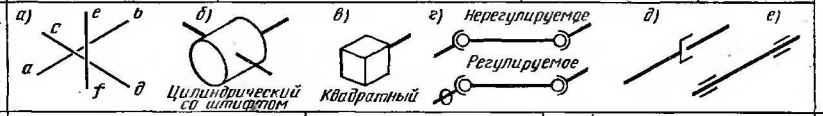
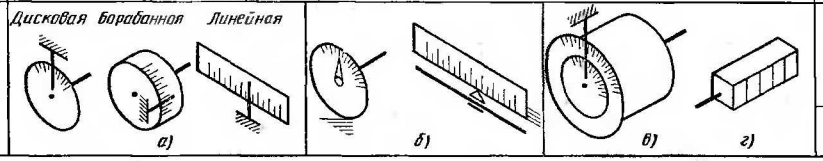
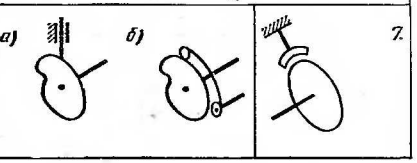
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| 18. Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: а) червячные с цилиндрическим червяком б) винтовые | а) б) |
| 19. Передачи зубчатые реечные: а) общее обозначение без уточнения типа зубьев б) с прямыми, косыми и шевронными зубьями | а) б) |
| 20. Винт, передающий движение | |
| 21. Гайка на винте, передающем движение: а) неразъемная б) разъемная | а) б) |
| 22. Пружины а) цилиндрические сжатия б) цилиндрические растяжения в) цилиндрические, работающие на кручение г) спиральные | а) б) в) г) |
| 23. Кулачки плоские: а) продольного перемещения б) дисковые | а) |
| 24. Толкатели для кулачковых механизмов: пальцевые, тарельчатые, роликовые | |

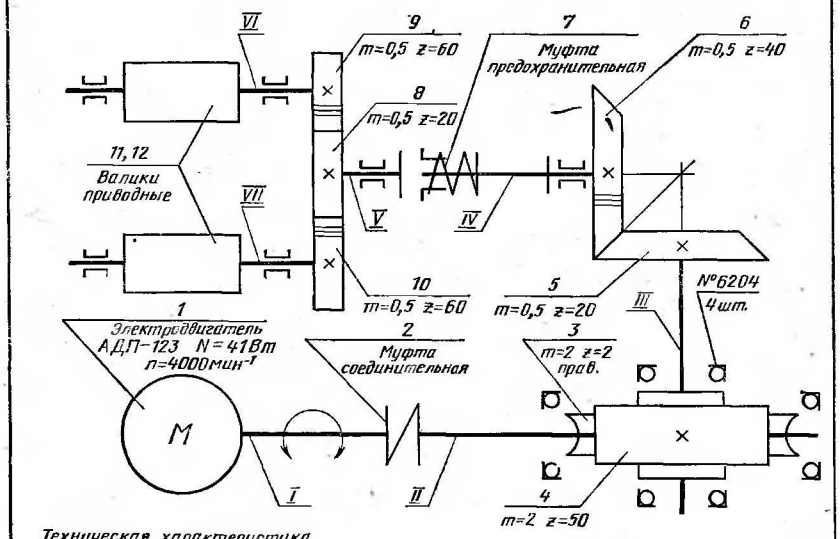
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| 25. Храповые зубчатые механизмы: а) с наружным зацеплением односторонние б) с наружным зацеплением двусторонние | а) б) |
| 26. Кривошипно-кулисные механизмы: а) с поступательно движущейся кулисой б) с вращающейся кулисой | а) б) |
| 27. Мальтийский механизм с наружным зацеплением и с радиальным расположением пазов у мальтийского креста | |
| 28. Эксцентрик | |
| 29. Маховик на валу | |
| 30. Направление движения: а) одностороннее (например, вправо или по часовой стрелке для вращения) б) возвратное в) возвратно-поступательное г) одностороннее с выстоем д) с ограничением (указывается величина перемещения) | Вид движения: прямолинейное, вращательное; 40мм; 45° |

Кинематические схемы

Лист 1

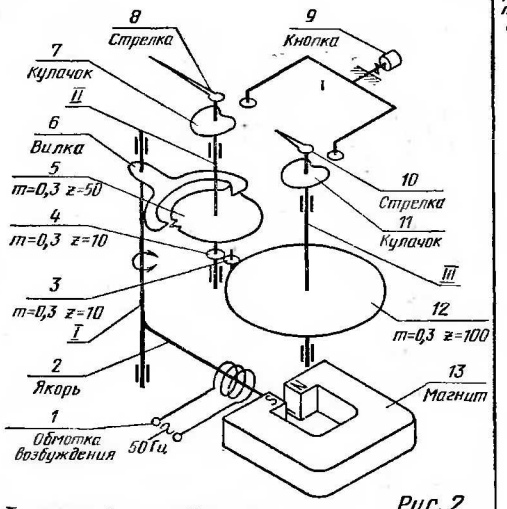
# Условные графические изображения на кинематических схемах в аксонометрической проекции

| Наименование | Обозначение | Наименование | Обозначение |
|---|---|---|---|
| 1. Зубчатые и фрикционные передачи:<br>а) передача цилиндрическими и фрикционными колесами внутреннего и внешнего зацепления<br>б) передача коническими или фрикционными колесами<br>в) реечная передача<br>г) червячная передача<br>д) передача винтовыми зубчатыми колесами<br>е) зубчатое колесо с выборкой мертвого хода |  | 4. Муфты:<br>а) муфта – поводок<br>б) необратимой передачи<br>в) предохранительная |  |
| | | 5. Элементы обслуживания:<br>а) поводок<br>б) рукоятка<br>в) маховичок<br>г) маховичок с фиксацией установленного положения на корпус<br>д) фиксатор<br>е) кнопка |  |
| 2. Валы, опоры, соединения:<br>а) вал, ось, стержень б), в) конец вала под съемную рукоятку<br>Соединения: г) карданное<br>д) телескопическое, е) подшипник вала или направляющие для прямолинейного движения |  | | |
| 3. Отсчетные устройства:<br>а) шкала подвижная с неподвижным указателем<br>б) шкала неподвижная с подвижным указателем<br>в) шкальное устройство с двухотсчетной шкалой<br>г) счетчик механический |  | 6. Эксцентрики:<br>а) со щупом поступательного движения<br>б) со щупом качающимся |  |
| | | 7. Тормоз | |



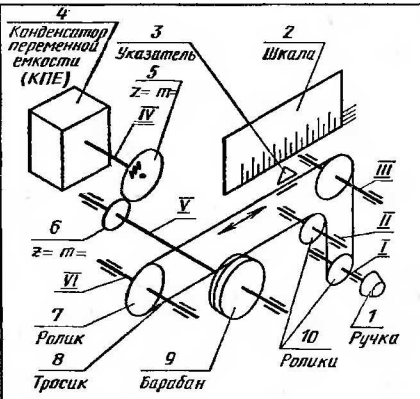

Техническая характеристика
Передаточное отношение редуктора – $u = \dots$
Точность редуктора, приведенная к валам VI, VII – $\Delta\varphi = \dots$
Максимальный момент на валах VI, VII – $M_{VI, VII} = \dots$ Н·мм

Рис. 1




Техническая характеристика
Емкость циферблата – 10с
Цена деления основной шкалы – 0,01с
Погрешность измерения: ±0,03с для t=0-3с; ±0,05с для t=3-10с
Напряжение питания – 110В и 220В
Допустимые колебания – и ± 20 %

Рис. 2




Техническая характеристика
Длина шкалы – L = ... мм
Момент на валике КПЕ – $M_{КПЕ} = \dots$ Н·мм
Точность настройки механизма
$\Delta\varphi = \dots$

Рис. 3

| Кинематические схемы | Лист 2 |
|---|---|

ГОСТ 17475–72 Исполнение I

Исполнение II

ГОСТ 17473–72 Исполнение I

Исполнение II

ГОСТ 1491–72 Исполнение I

Исполнение II

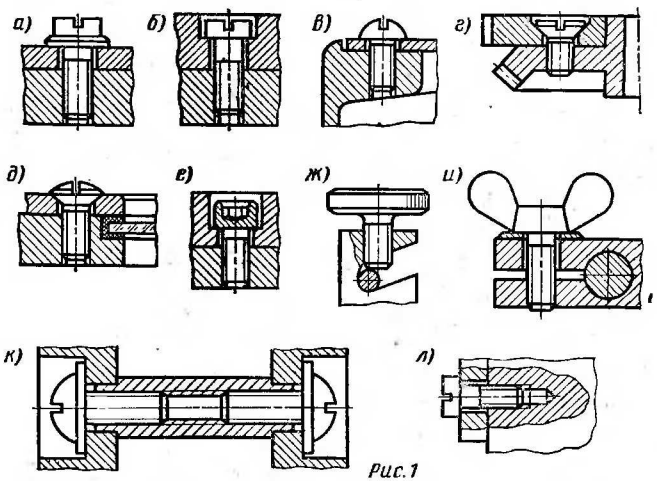



Рис. 1

ГОСТ 10336–63 ГОСТ 10341–63

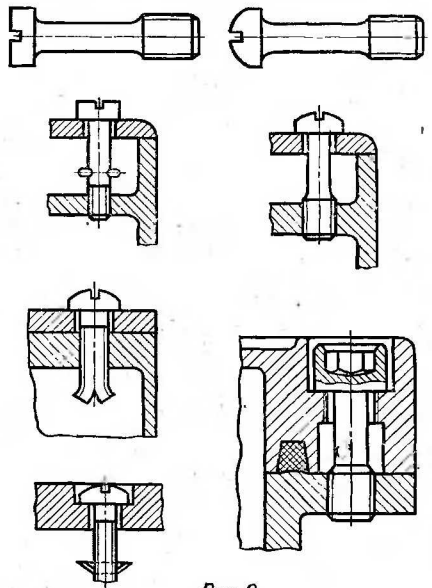
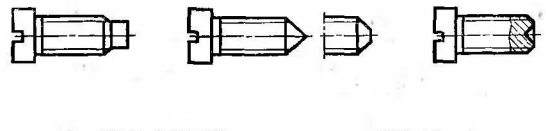
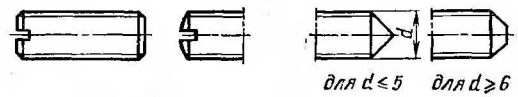


Рис. 2



ГОСТ 1477–75 ГОСТ 1476–75




ГОСТ 1479–75 ГОСТ 1478–75

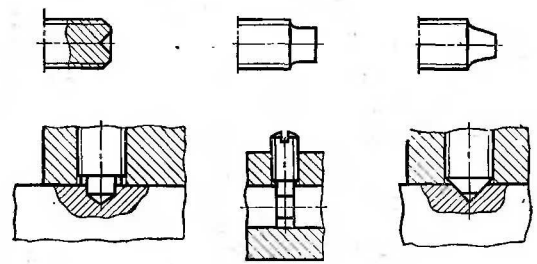


Рис. 3

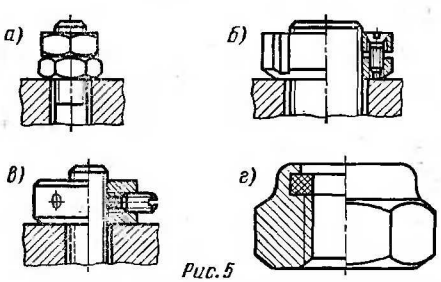



Рис. 5

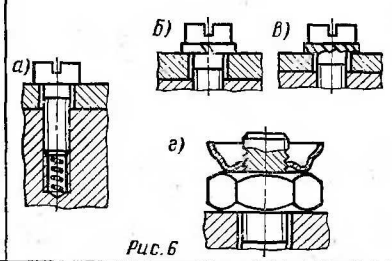



Рис. 6

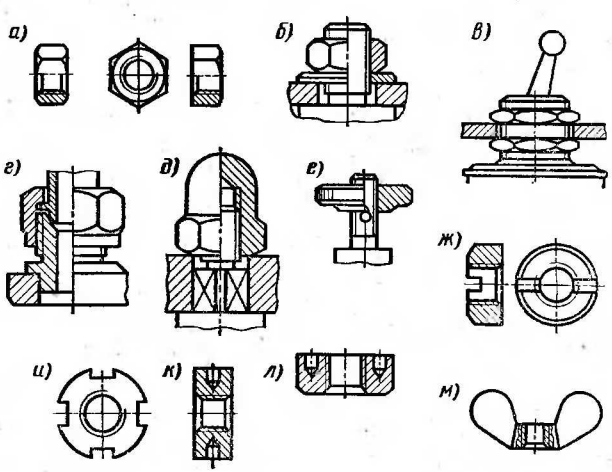



Рис. 4

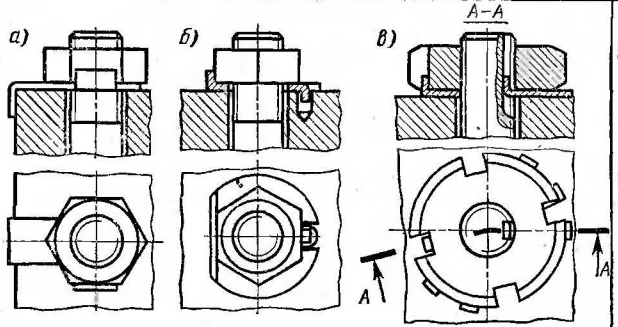



Рис. 7

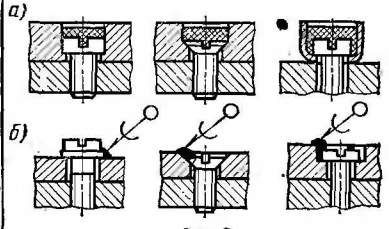



Рис. 8

Резьбовые соединения

Лист 3

а) ГОСТ 3128-70

б) ГОСТ 10774-75

в) Нестандартный

г) ГОСТ 10773-75

д) ГОСТ 12850-76
Исполнение 1

Исполнение 2

е) ГОСТ 3129-70

ж) ГОСТ 9464-70

и)

к) ГОСТ 9465-70

л) ГОСТ 14229-78

Рис. 1

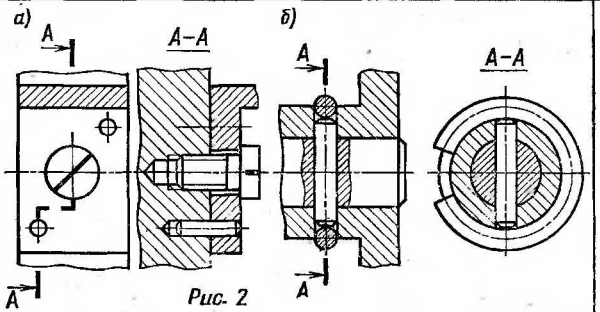



Рис. 2

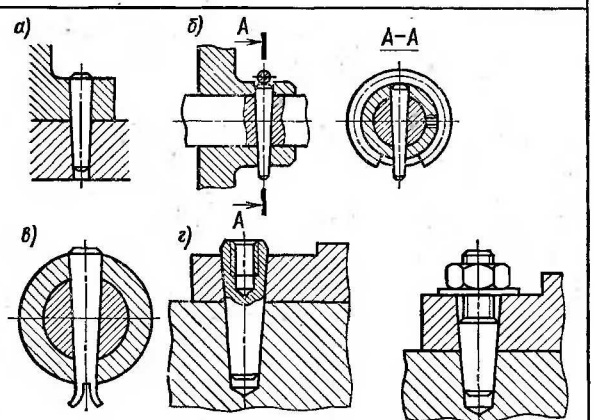



Рис. 3

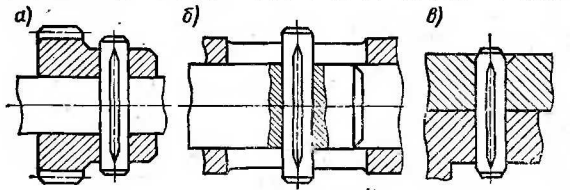



Рис. 4

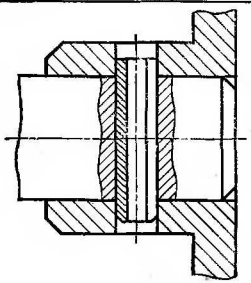


Рис. 5

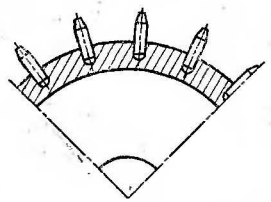


Рис. 6

Штифтовые соединения

СТ СЭВ 189-75

Исполнение 1

Исполнение 2

Исполнение 3

СТ СЭВ 647-77

Рис. 7

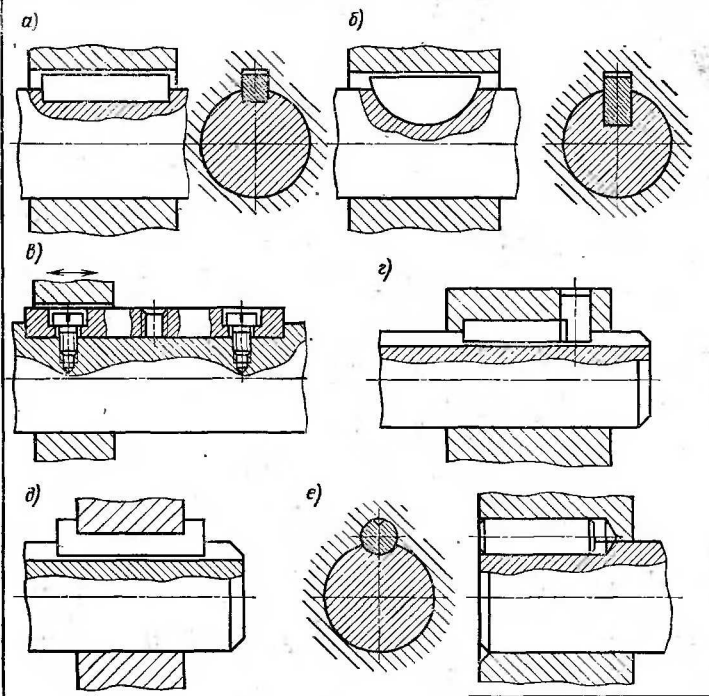



Рис. 8

Шпоночные соединения

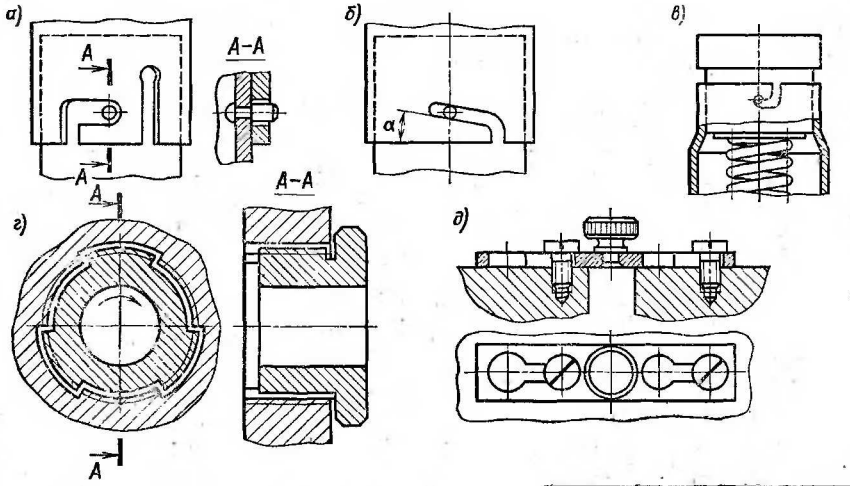



Рис. 9

Байонетные соединения

Лист 4

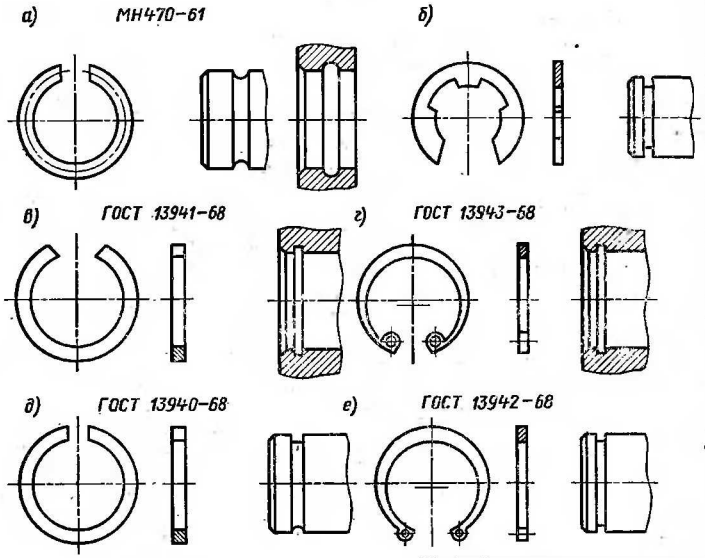



Рис. 1

## Соединения пружинными кольцами

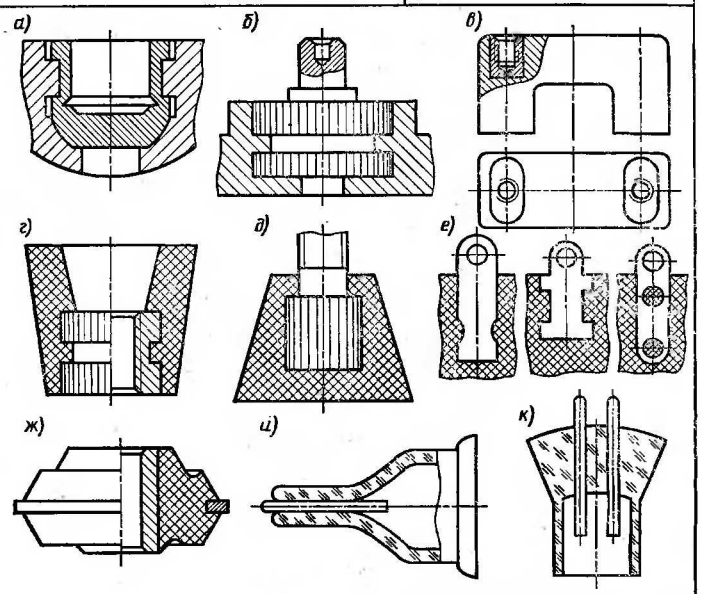



Рис. 2

## Соединения заформовкой

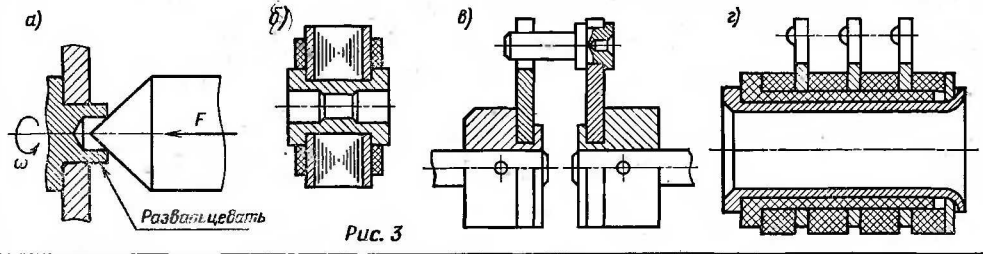



Рис. 3

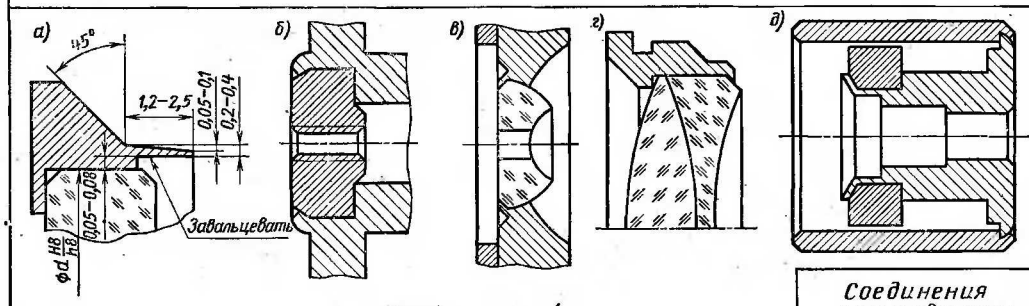



Рис. 4

## Соединения вальцеванием

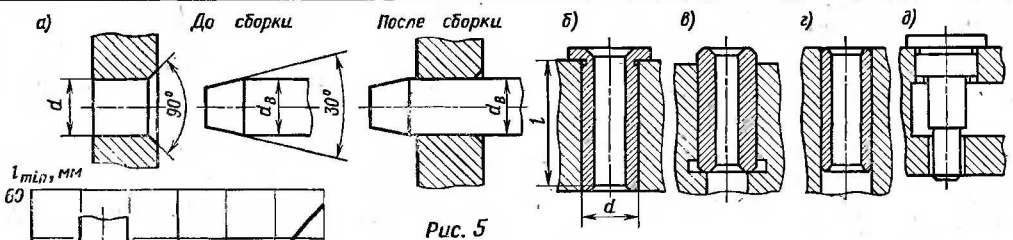



Рис. 5

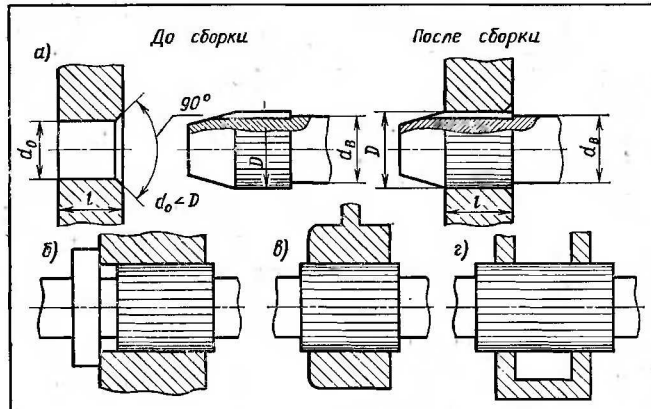



Рис. 6

## Соединения прессованием

Лист 5

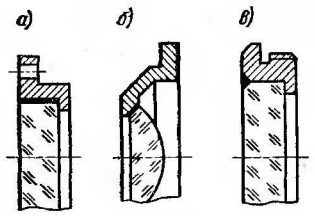



Рис. 1

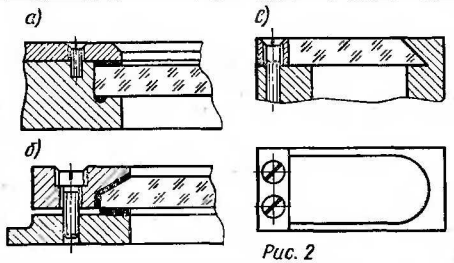



Рис. 2

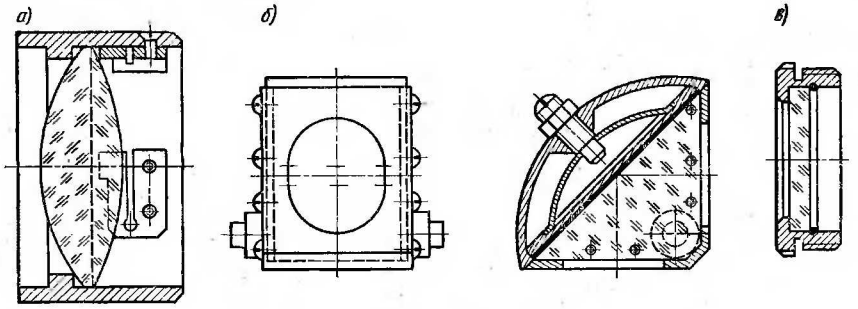



Рис. 4

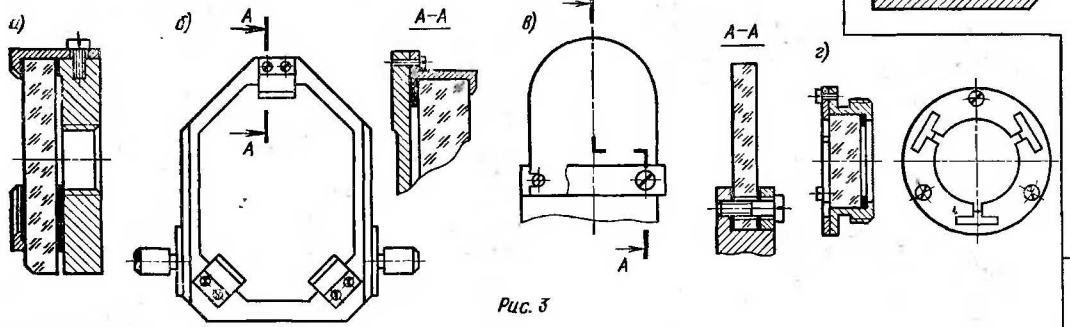



Рис. 3

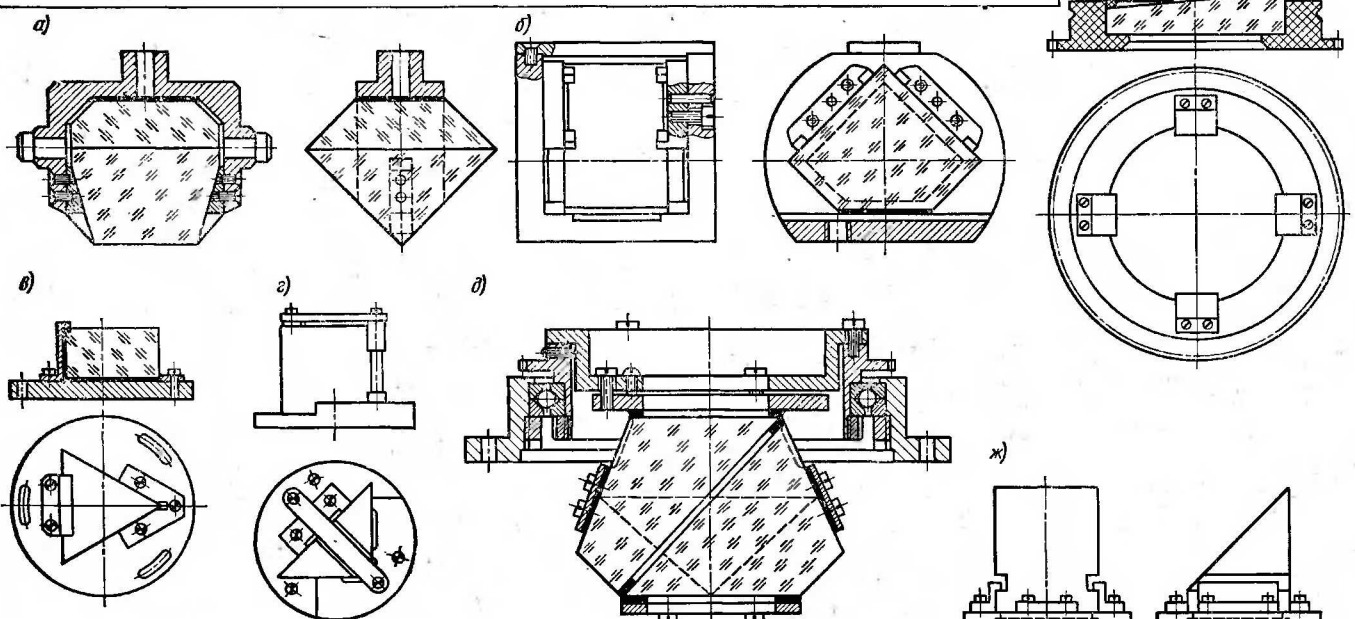



Рис. 5

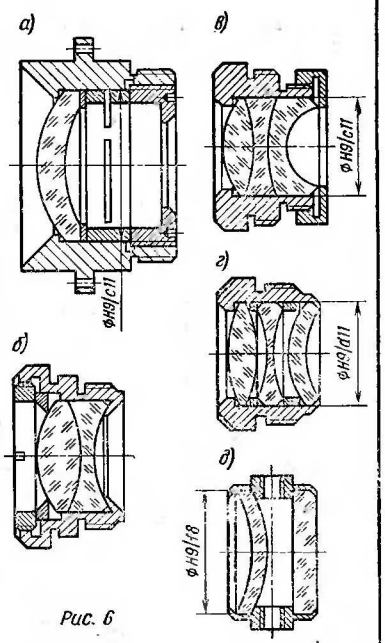
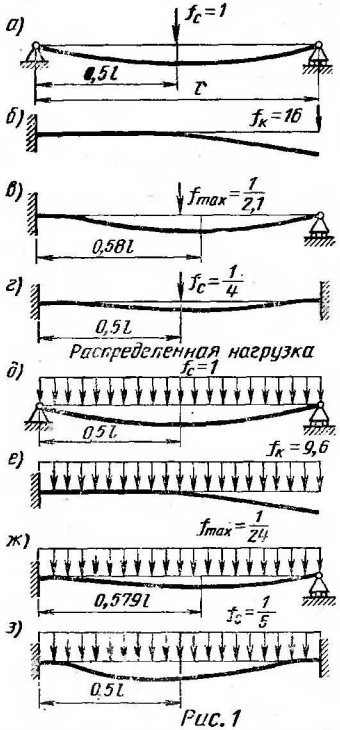



Рис. 6

| Крепление оптических деталей | Лист 6 |
|---|---|

## Выбор типа и расположения опор

### Прогибы балок с разными опорами. Сосредоточенная нагрузка




### Упругие линии балок с разным расположением опор при распределенной нагрузке

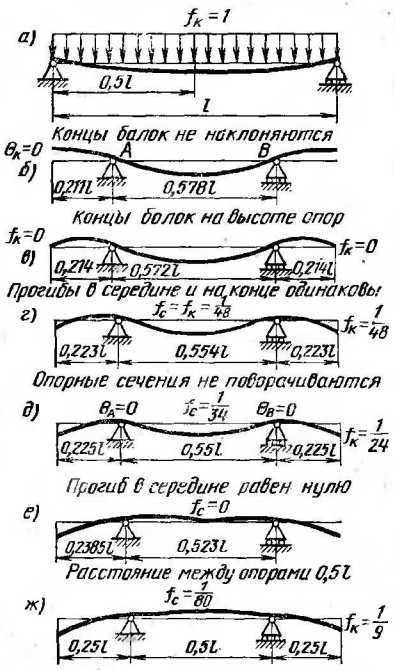



Рис. 1

Рис. 2

### Допустимые нагрузки стержней из расчета на продольный изгиб

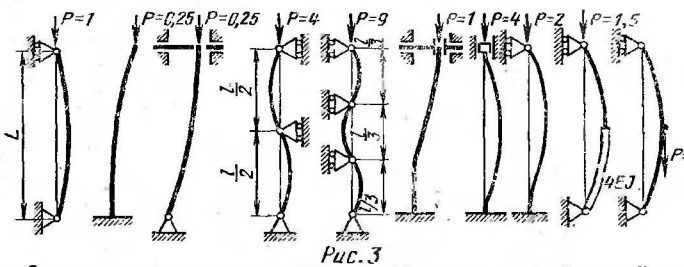



Рис. 3

### Прогибы круглых пластин, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой




Рис. 4

## Конструкции валов

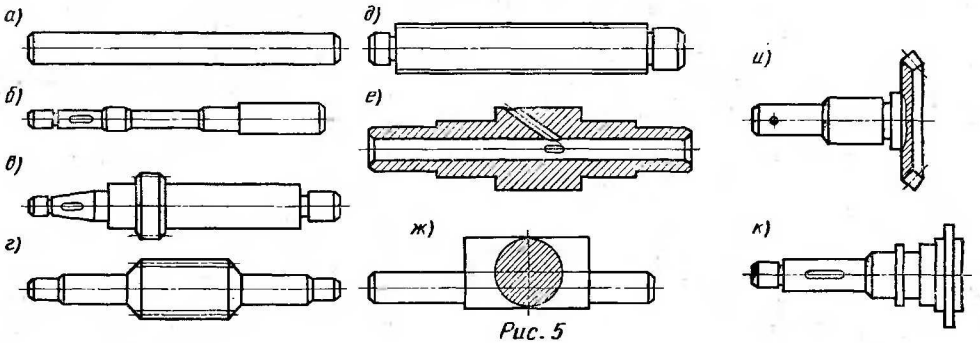



Рис. 5

## Оси. Типы. Конструкция и размеры по ГОСТ 9650-71

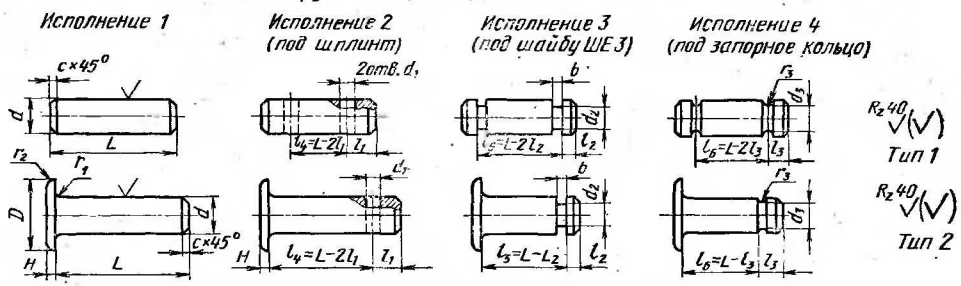
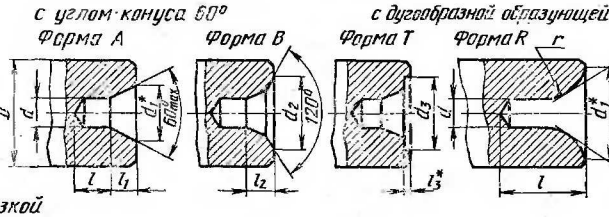



Рис. 6

| d | $d_1$ | $l_1$ | $d_2$ | $l_2$ | b | $d_3$ | $l_3$ | $r_3$ | D норм. | H±0,25 | $r_1$ | c | L | $r_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0,8 | 3 | — | — | — | — | — | — | 5/— | 1,5 | 0,4 | 0,6 | 10-28 | 0,6 |
| 4 | 1,0 | | 3 | — | | | | | 7/— | | | | 10-40 | |
| 5 | 1,2 | 4 | | 1,5 | 1,5 | | | | 8/— | | | | 12-50 | |
| 6 | 1,6 | | 4 | | | 5,6 | 3 | 0,4 | 10/— | 2,0 | | | 14-80 | |
| 8 | 2,0 | 5 | | | | 7,6 | | | 12/— | | | | 16-100 | |
| 10 | 2,5 | | 6 | 2,5 | | 9,6 | 4 | | 14/— | 2,5 | 0,6 | 1,0 | 18-150 | |
| 12 | 3,2 | | | | | 11,4 | | 0,6 | 16/20 | | | | 20-250 | |
| 14 | | | 10 | 3,0 | 2,0 | 13,4 | 5 | | 18/22 | 3,0 | | 1,6 | 22-250 | |

## Отверстия центровые по ГОСТ 14034-74




| D | c | Формы A, B, T | | | | | | | Форма R | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $l_1$ наименьшее | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $d_1$ | $l_1$ наименьшее | r наименьшее | r наибольшее |
| 2 | (0,5) | 1,06 | — | — | 0,8 | 1,48 | — | — | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,6 |
| 3 | (0,8) | 1,7 | 2,5 | — | 1,1 | 0,78 | 1,02 | — | 1,7 | 1,9 | 2 | 2,5 |
| 4 | 1 | 2,12 | 3,15 | — | 1,3 | 2,47 | 1,27 | — | 2,12 | 2,3 | 2,5 | 3,15 |
| 5 | 1,25 | 2,65 | 4 | — | 1,6 | 1,21 | 1,60 | — | 2,65 | 2,8 | 3,15 | 4 |
| 6 | 1,6 | 3,35 | 5 | — | 2 | 1,52 | 1,99 | — | 3,35 | 3,5 | 4 | 5 |
| 10 | 2 | 4,25 | 6,3 | 7 | 2,5 | 1,95 | 2,54 | 0,6 | 4,25 | 4,4 | 5 | 6,3 |
| 14 | 2,5 | 5,3 | 8 | 9 | 3,1 | 2,42 | 3,2 | 0,8 | 5,3 | 5,5 | 6,3 | 6,8 |

*Размеры для справок  Размеры D рекомендуемые

Пример условного обозначения центрового отверстия формы А диаметром d=1мм:

Отв. центр. А1 ГОСТ 14034-74

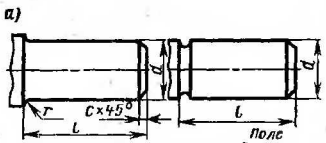
Рис. 7

Выбор типа и расположения опор. Конструкции валов и осей

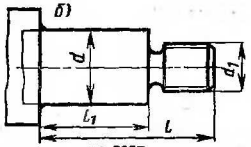
Лист 7

## Концы валов цилиндрические по ГОСТ 12080–66 (d < 6) мм и по СТ СЭВ 537–77 (d ≥ 6 мм)

а)



б)



Поле допуска

по ГОСТ

| d | l | r | c |
|---|---|---|---|
| 0,6 | 3 | 0,2 | 0,2 |
| 1 | | | |
| 1,2 | 4 | | |
| 1,5* | | | |
| 1,6 | 5 | | |
| 1,8* | 8 | | |
| 2 | | | |
| 2,5 | | | |
| 2,8 | 10 | | |
| 3 | | | |
| 3,8* | 12 | | |
| 4 | | 0,4 | |
| 5 | 14 | | |

по СТ СЭВ

| d | l исп.1 | l исп.2 | |
|---|---|---|---|
| 6 | 16 | — | js6 |
| 7 | | | |
| 8 | 20 | | |
| 9 | | | |
| 10 | 23 | 20 | |
| 11 | | | |
| 12 | 30 | 25 | |
| 14 | | | |
| 16 | 40 | 28 | |
| 18 | | | |
| 20 | 50 | 36 | |
| 22 | | | |

по ГОСТ

| d | l | $l_1$ | $d_1$ |
|---|---|---|---|
| 1,6 | 8 | 5 | M1,6 |
| 2 | | | |
| 2,5 | 10 | 6 | M2 |
| 2,8 | | | |
| 3 | | 7 | |
| 3,8 | 12 | 8 | M3 |
| 4 | | | |
| 5 | 14 | 9 | M4 |
| 6 | 16 | 10 | |
| 7 | | | |

по ГОСТ

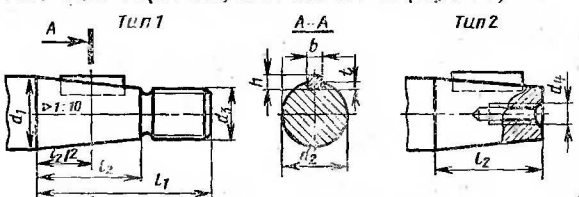
| d | l | $l_1$ | $d_1$ |
|---|---|---|---|
| 8 | 20 | 12 | M5 |
| 9 | | | |
| 10 | 23 | 15 | M6 |
| 11 | | | |
| 12 | 30 | 18 | M8×1 |
| 14 | | | |
| 16 | 40 | 28 | M10×1,25 |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | 50 | 36 | M12×1,25 |

Примечание. * Второй ряд

Исполнение 2 – укороченное

Рис. 1

## Концы валов конические с конусностью 1:10 по ГОСТ 12081–72 (d < 6 мм) по СТ СЭВ 537–77 (d ≥ 6 мм)



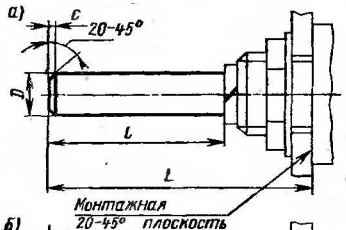

| $d_1$ | l исп.1 | l исп.2 | $l_2$ исп.1 | $l_2$ исп.2 | $d_3$ | $d_4$ | $d_2$ исп.1 | $d_2$ исп.2 | b | h | t |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 10 | | 7 | | M2 | | 2,65 | | | | |
| 4 | 12 | | 8 | | M3 | | 3,60 | | | | |
| 5 | 14 | | 9 | | | | 4,55 | | | | |
| 5 | 16 | | 10 | | M4 | | 5,50 | | | | |
| 7 | | | | | | | 6,50 | | | | |
| 8 | 20 | | 12 | | | | 7,40 | | | | |
| 9 | | | | | M6 | | 8,40 | | | | |
| 10 | 23 | | 15 | | | | 9,25 | | | | |
| 11 | | | | | | | 10,25 | | | | |
| 12 | 30 | | 18 | | M8×1 | M4 | 11,19 | | 2 | 2 | 1,2 |
| 14 | | | | | | | 13,10 | | | | |
| 16 | 40 | 28 | 28 | 16 | M10×1,25 | | 14,60 | 15,20 | 3 | 3 | 1,8 |
| 16 | | | | | | M6 | 16,60 | 17,20 | 4 | 4 | 2,5 |

Исполнение 2 – укороченное

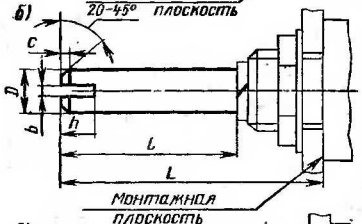
Рис. 2

## Виды и основные размеры концов валов управления радиоэлектронной аппаратуры по ГОСТ 4907–73

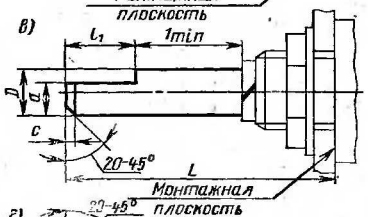
Вид ВС-1



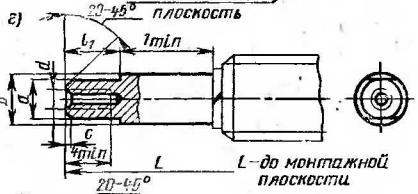

Вид ВС-2



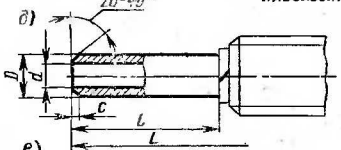

Вид ВС-3



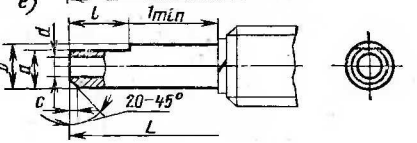

Вид ВС-4

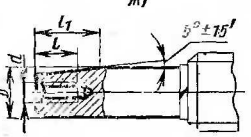



Вид ВП-1




Вид ВП-2



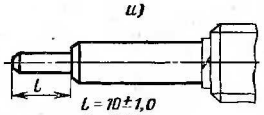




Рис. 3

| D Номин. | D Пред. откл. Исполнение обычное | D Пред. откл. Исполнение точное | L не менее | c | L 10±0,5 | L 12,5±0,5 | L 16±0,5 | L 20±0,5 | L 25±0,5 | L 32±0,5 | L 40±1,0 | L 50±1,0 | L 63±1,0 | L 80±1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | -0,060 | -0,020 | 5 | 0,2 | + | + | + | + | + | | | | | |
| | | | 7 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | 5 | 0,8 | + | + | + | + | + | | | | | |
| | | | 7 | | | | | | | | | | | |
| 4 | -0,080 | -0,025 | 7 | 0,5 | | + | + | + | + | + | | | | |
| | | | 11 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | 11 | 1,2 | | + | + | + | + | + | + | | | |
| | | | 13 | | | | | | | | | | | |
| 8 | -0,100 | -0,030 | 11 | | | + | + | + | + | + | + | + | | |
| | | | 13 | | | | | | | | | | | |

| D Номин. | D Пред. откл. Исполнение обычное | D Пред. откл. Исполнение точное | L не менее | b Номин. | b Пред. откл. | h Номин. | h Пред. откл. | c | L 10±0,5 | L 12,5±0,5 | L 16±0,6 | L 20±0,6 | L 25±0,5 | L 32±0,5 | L 40±1,0 | L 50±1,0 | L 63±1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | -0,060 | -0,020 | 5 | 0,4 | -0,14 | 1,0 | +0,4 | 0,2 | + | + | + | + | + | | | | |
| | | | 7 | | | | | 0,8 | | | | | | | | | |
| 3 | | | 5 | 0,6 | | 1,2 | | | + | + | + | + | + | | | | |
| | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | -0,080 | -0,025 | 7 | 0,8 | | 1,5 | | 0,5 | | + | + | + | + | + | + | | |
| | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | 11 | 1,0 | +0,16 | 2,0 | | 1,2 | | | ± | + | + | + | + | + | |
| | | | 13 | | | | | | | | | | | | | | |

| D Номин. | D Пред. откл. | a Для ручки под винт Номин. | a Для ручки под винт Пред. откл. | a Для насаживаемой ручки Номин. | a Для насаживаемой ручки Пред. откл. | $l_1$ Номин. | $l_1$ Пред. откл. | c | L 10±0,5 | L 12,5±0,5 | L 16±0,6 | L 20±0,6 | L 25±0,5 | L 32±0,5 | L 40±1,0 | L 50±1,0 | L 63±1,0 | L 80±1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | -0,060 | 2,5 | -0,120 | 2 | -0,060 | 4 | ±0,375 | 0,2 | + | + | + | + | | | | | | |
| | | | | | | 6 | | 0,8 | | | + | + | + | + | | | | |
| 4 | -0,080 | 3,5 | -0,150 | 3 | | 10 | ±0,450 | | | | + | + | + | + | + | | | |
| 6 | | 5,0 | | 4 | -0,075 | 10 | ±0,550 | 0,5 | | | + | + | + | + | + | + | | |
| 8 | -0,100 | 7 | -0,200 | 6 | | 10 | ±0,450 | 1,2 | | | + | + | + | + | + | + | + | |
| 10 | | 9 | | 7 | -0,090 | 12 | ±0,550 | | | | | + | + | + | + | + | + | |

| D Номин. | D Пред. откл. | a Номин. | a Пред. откл. | $l_1$ Номин. | $l_1$ Пред. откл. | $d_2$ | c | L Номин. | L Пред. откл. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | -0,080 | 3,2 | -0,080 | 4 | ±0,40 | M2,5–6H | 0,5 | 8; 12,5; 20,5 | ±0,5 |
| 6 | | 4 | | | | | | | |

| D Номин. | D Пред. откл. | d Номин. | d Пред. откл. Исполнение обычное | d Пред. откл. Исполнение точное | L не менее | c | L 20 | L 25 | L 32 | L 40 | L 50 | L 63 | L 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ±0,5 | | | ±1,0 | | | |
| 5 | -0,066 | 2,1 | 0,060 | 0,020 | 12 | 0,5 | + | + | + | + | + | | |
| 6 | | 3,1 | 0,080 | 0,025 | | | + | + | + | + | + | + | |
| 8 | -0,100 | 4,1 | | | | | + | + | + | + | + | + | + |
| 10 | | 6,1 | 0,100 | 0,030 | 14 | | + | + | + | + | + | + | + |

| D Номин. | D Пред. откл. | d Номин. | d Пред. откл. Исполнение обычное | d Пред. откл. Исполнение точное | a Номин. | a Пред. откл. | $l_1$ Номин. | $l_1$ Пред. откл. | c | L 16 | L 20 | L 25 | L 32 | L 40 | L 50 | L 63 | L 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | ±0,5 | | | ±1,0 | | | | |
| 8 | -0,100 | 4,1 | +0,080 | +0,025 | 7 | -0,200 | 10 | ±0,45 | 0,5 | + | + | + | + | + | + | + | |
| 10 | | 6,1 | +0,100 | +0,030 | 9 | | 12 | ±0,55 | | | + | + | + | + | + | + | |

Примечание. Размер l для концов валов видов ВС-1, ВС-2, ВП-1 и размер 1min для концов валов видов ВС-3, ВС-4 и ВП-2 даны до элементов крепления (втулка, гайка, шайба), показанных условно

**Стандартизованные концы валов**

Лист 8

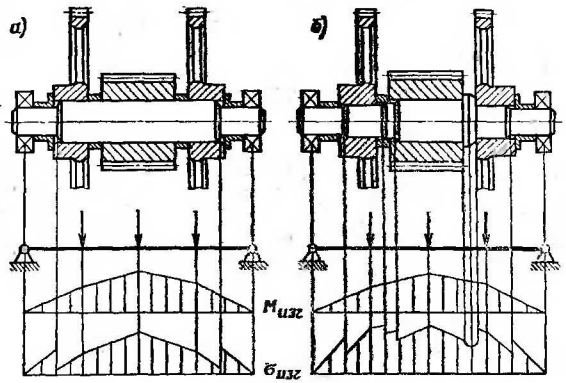



Рис. 1

Влияние диаметра вала на параметры конструкции

| Эскиз | D | J | W | f | G | W/G | h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 1,5 | 4,5 | 3 | 0,22 | 1,5 | 2 | 8 |
| | 2 | 13 | 6,5 | 0,08 | 2 | 3,25 | 27 |
| | 2,3 | 20 | 9 | 0,05 | 2,2 | 4 | 70 |

Рис. 2

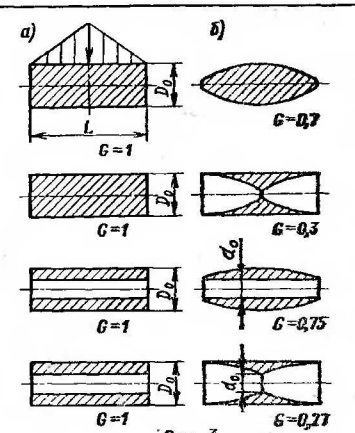



Рис. 3

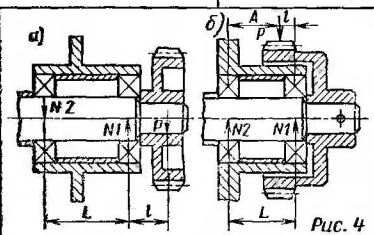



Рис. 4

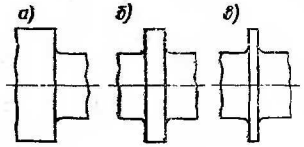



Рис. 5

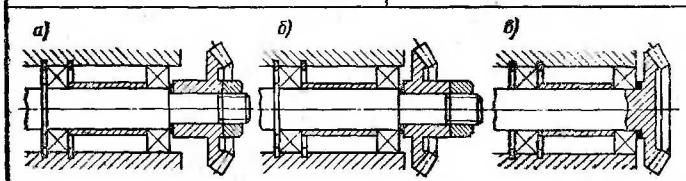



Рис. 6

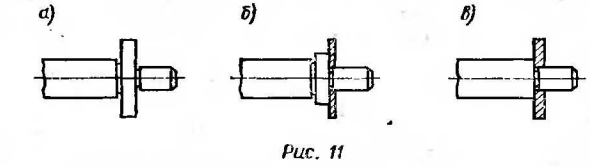



Рис. 11

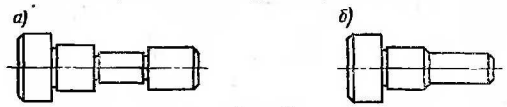



Рис. 12

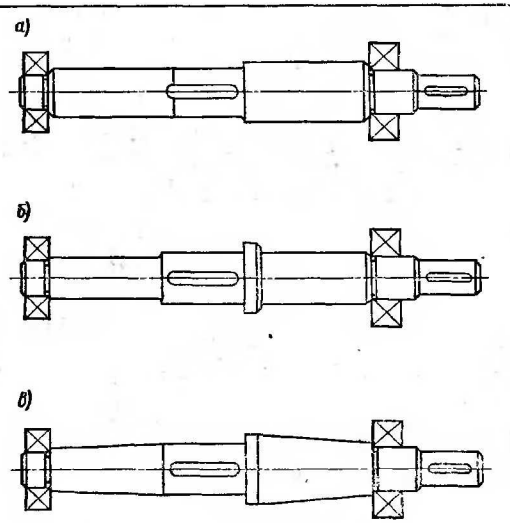



Рис. 13

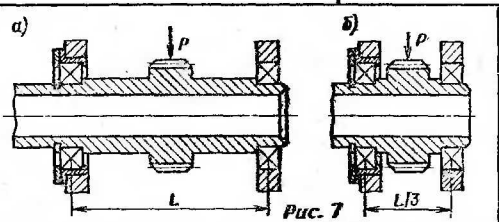



Рис. 7

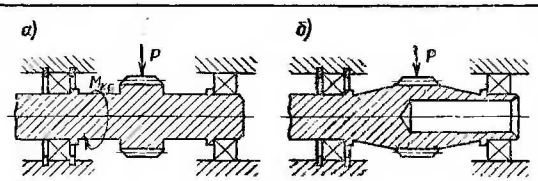



Рис. 8

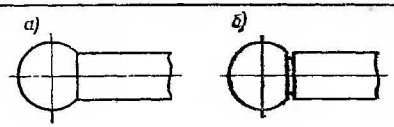



Рис. 9

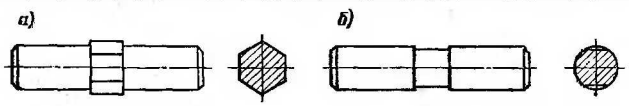



Рис. 10

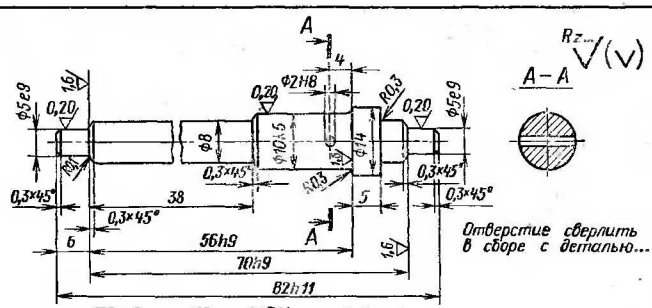



Рис. 14

1. Твердость НВ... (HRC)
2. Неуказанные предельные отклонения размеров...
3. Покрытие...

Конструирование валов

Лист 9

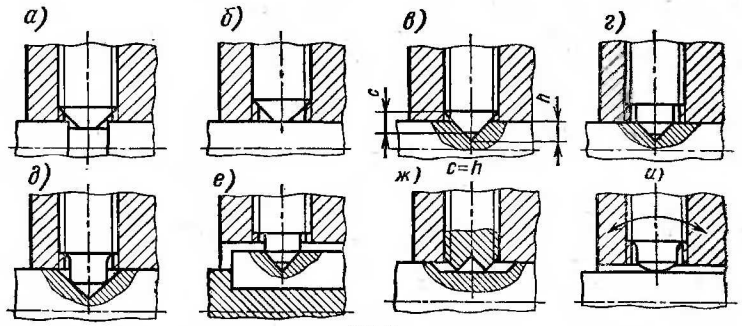


Рис. 1

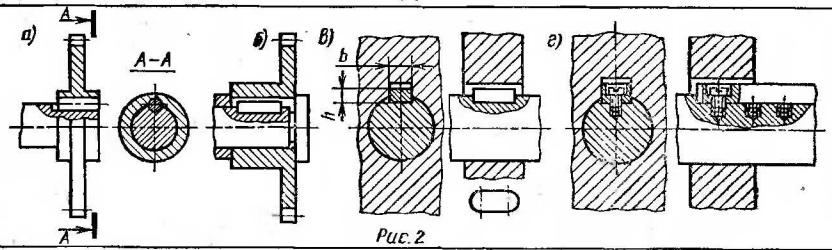


Рис. 2

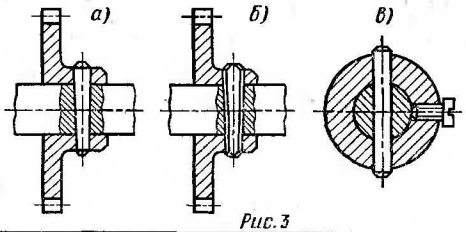


Рис. 3

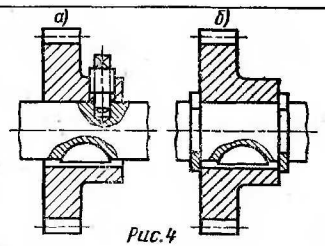


Рис. 4

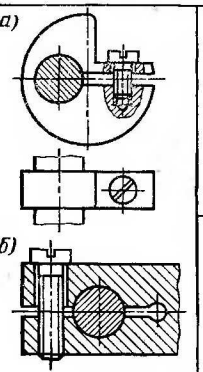


Рис. 5

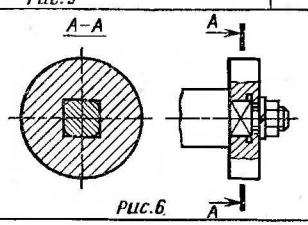
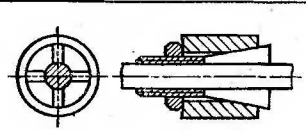


Рис. 6


Рис. 7

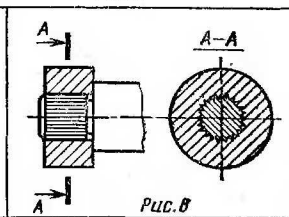


Рис. 8

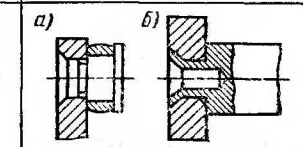


Рис. 9

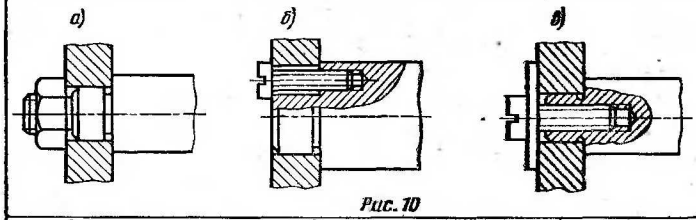


Рис. 10

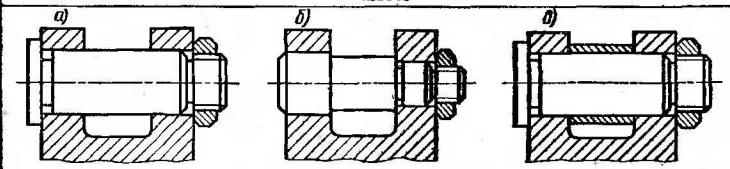


Рис. 11

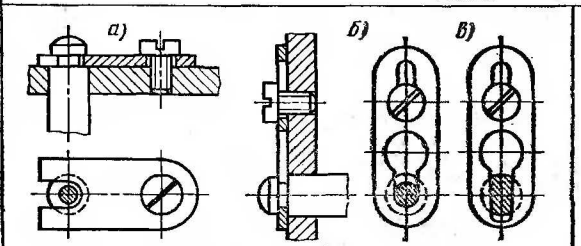


Рис. 12

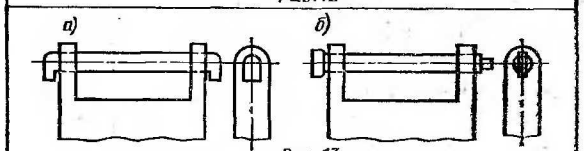


Рис. 13

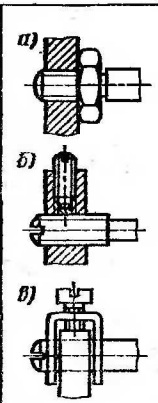


Рис. 14
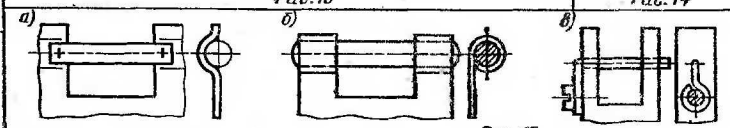


Рис. 15

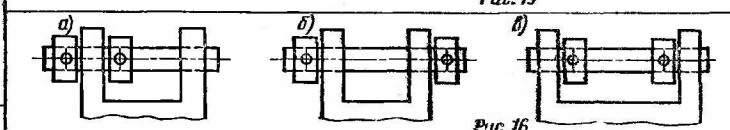


Рис. 16

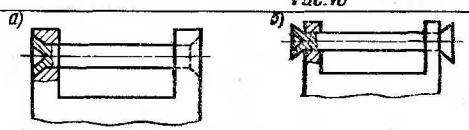


Рис. 17

| Установка деталей. Продольное фиксирование осей | Лист 10 |
|---|---|

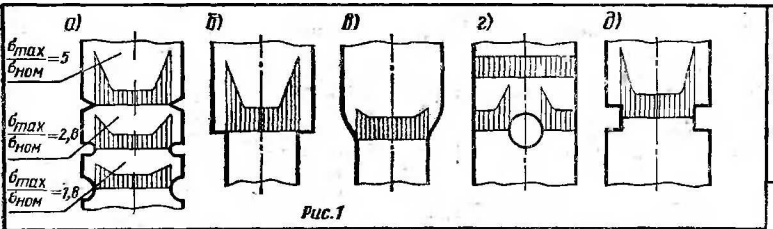



Рис.1

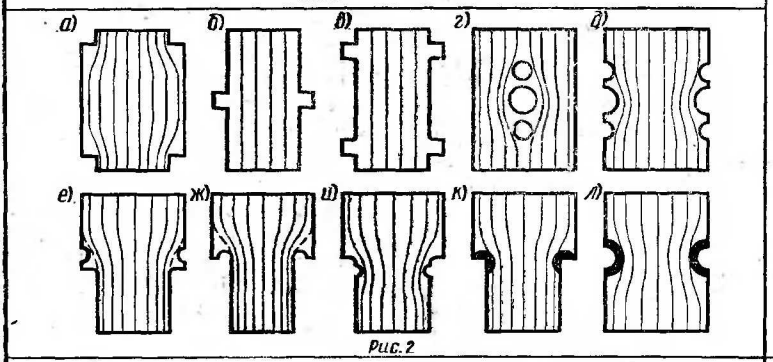



Рис.2

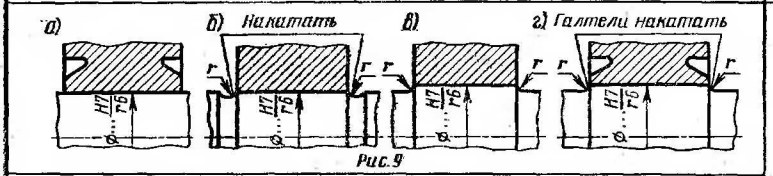
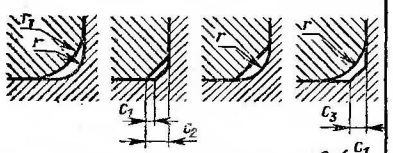



Рис.9

*Радиусы закруглений и фаски*




*Радиусы закруглений и фаски сопрягаемых поверхностей деталей*




| 1 ряд | 2 ряд | 1 ряд | 2 ряд | 1 ряд | 2 ряд |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 | 0,1 | 1 | 1 | 10 | 10 |
| | | | 1,2 | | 12 |
| | | 1,6 | 1,6 | 16 | 16 |
| | 0,2 | | 2 | | 20 |
| | | 2,5 | 2,5 | 25 | 25 |
| | 0,3 | | 3 | | 32 |
| 0,4 | 0,4 | 4 | 4 | 40 | 40 |
| | 0,5 | | 5 | | 50 |
| 0,6 | 0,6 | 6 | 6 | 60 | 60 |
| | 0,8 | | 8 | | 80 |

а)

б)

| D | От 3 до 6 | Св. 6 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 |
|---|---|---|---|---|
| $r, c_1$ | $0{,}4^{-0{,}2}$ | $0{,}6^{-0{,}3}$ $0{,}8^{-0{,}3}$ | $1{,}0^{-0{,}3}$ | $1{,}6^{-0{,}5}$ |
| $r_1, c_2$ | $0{,}6^{+0{,}3}$ | $0{,}8^{+0{,}3}$ $1{,}0^{+0{,}3}$ | $1{,}6^{+0{,}5}$ | $2{,}0^{+0{,}4}$ |

Рис.10

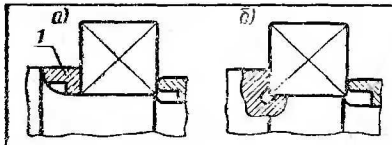



Рис.11

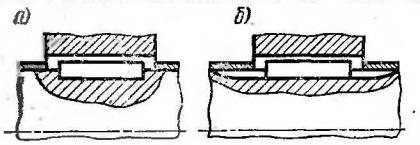



Рис.3

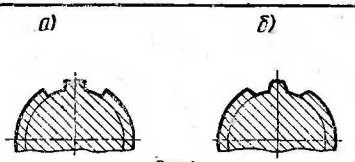



Рис.4

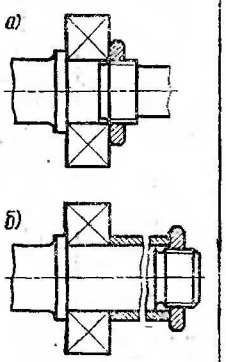



Рис.5

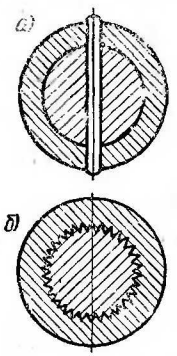



Рис.6

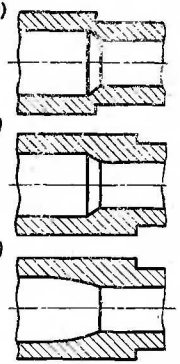



Рис.7

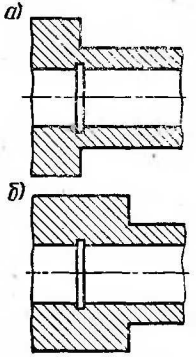


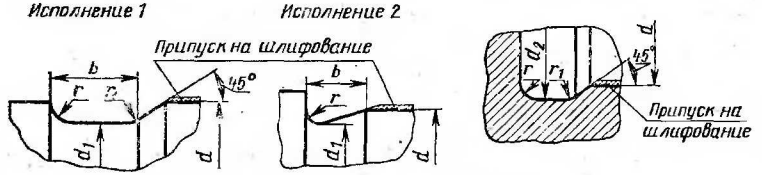

Рис.8

*Канавки для выхода шлифовального круга по ГОСТ 8820–69*

*Шлифование по цилиндру* — *Шлифование по торцу*

*Наружное шлифование* — *Внутреннее шлифование* — *Внутреннее шлифование*

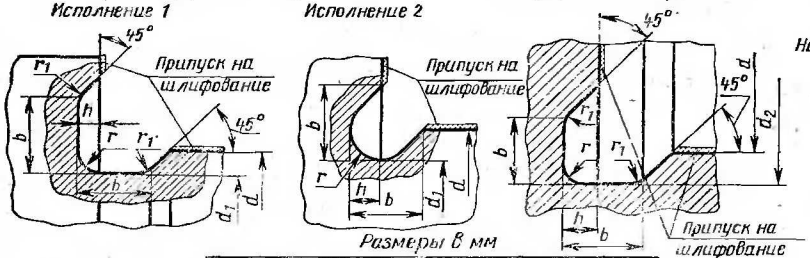
*Исполнение 1* — *Исполнение 2*




*Шлифование по цилиндру и по торцу*

*Наружное шлифование* — *Внутреннее шлифование*

*Исполнение 1* — *Исполнение 2*




*Размеры в мм*

| b | $d_1$ наружное шлифование | $d_2$ внутреннее шлифование | n | r | $r_1$ | d |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | d–0,3 | d+0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | ≤10 |
| 1,6 | | | | 0,5 | 0,3 | |
| 2 | d–0,5 | d+0,5 | 0,3 | | | |
| 3 | | | | 1 | 0,5 | >10–50 |

Рис.12

**Повышение усталостной прочности валов** — Лист 11

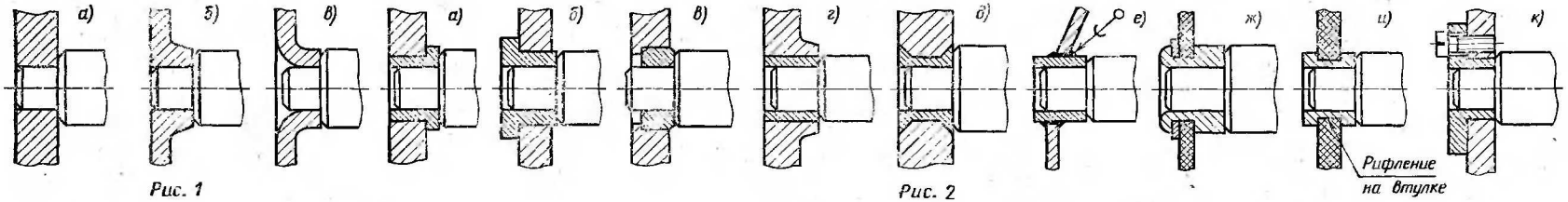



Рис. 1

Рис. 2

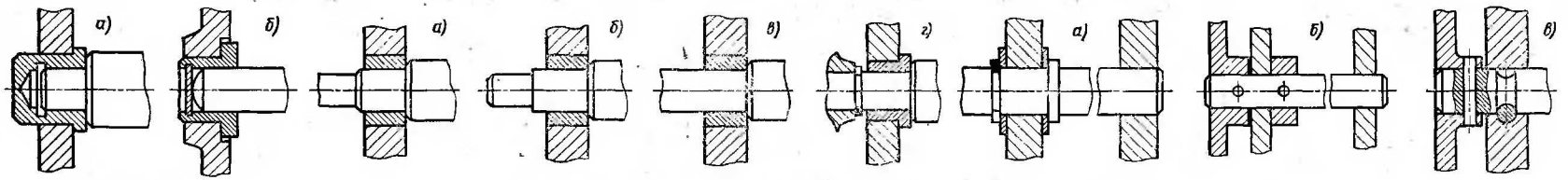



Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

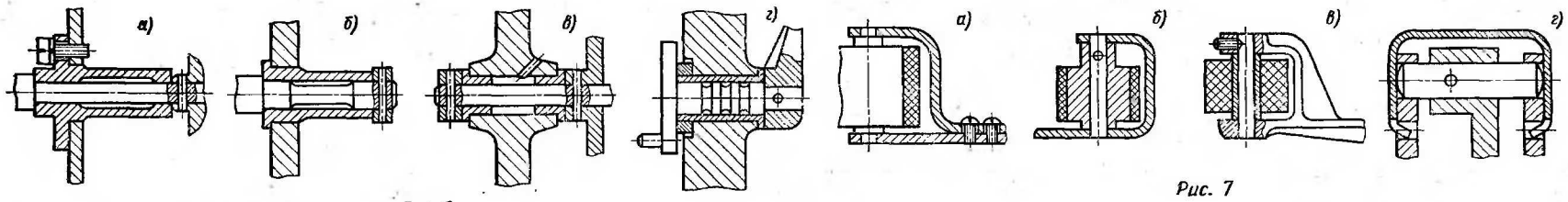



Рис. 6

Рис. 7

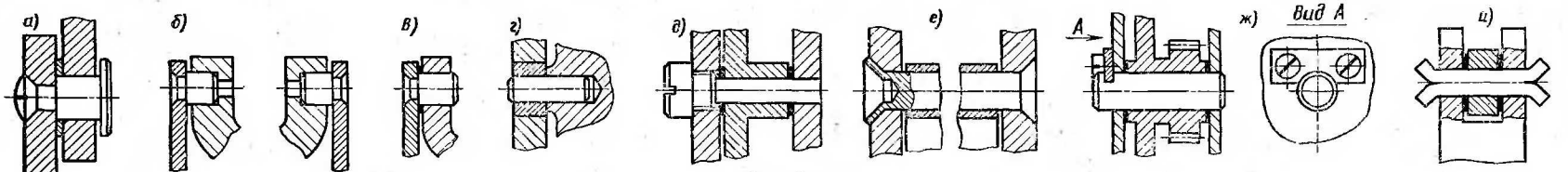



Рис. 8

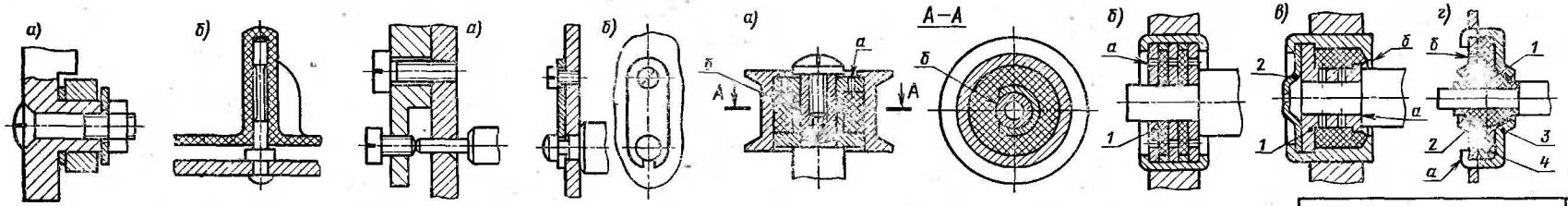



Рис. 9

Рис. 10

Рис. 11

Опоры скольжения

Лист 12

## Конструкции регулируемых цилиндрических опор скольжения

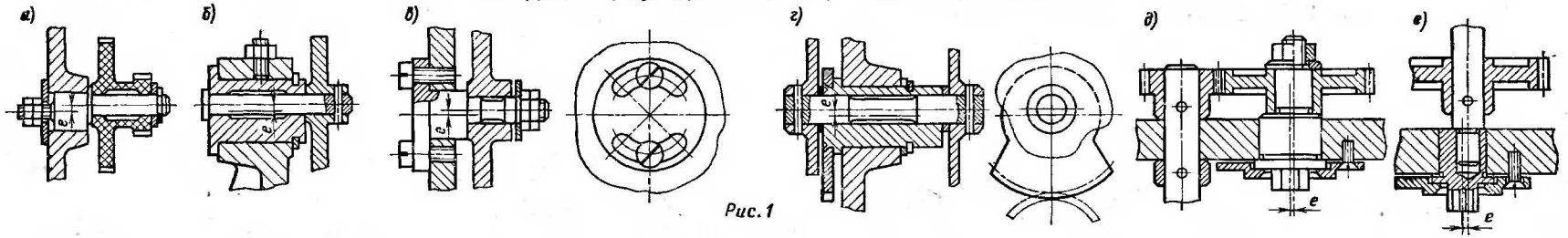



Рис. 1

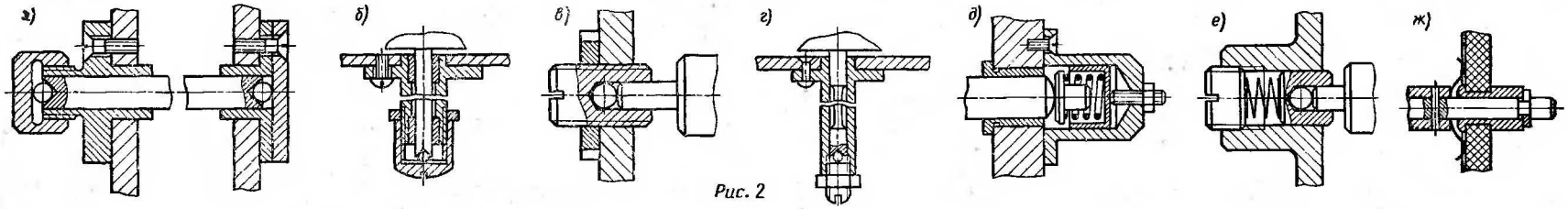



Рис. 2

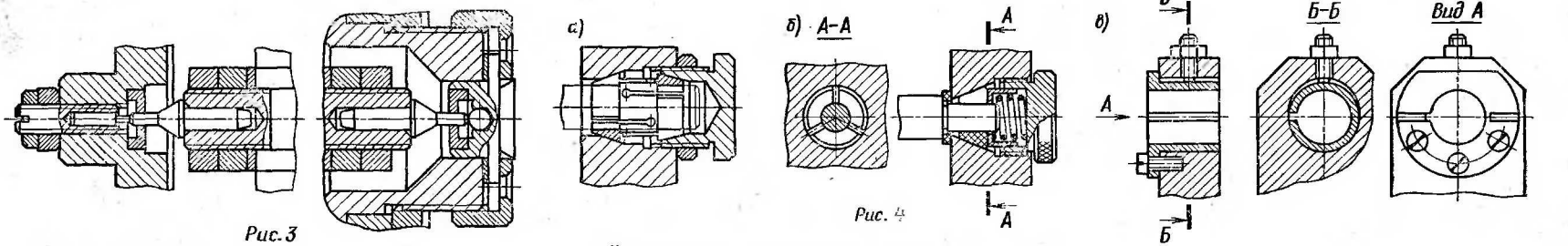



Рис. 3

Рис. 4

## Конструкции конических опор

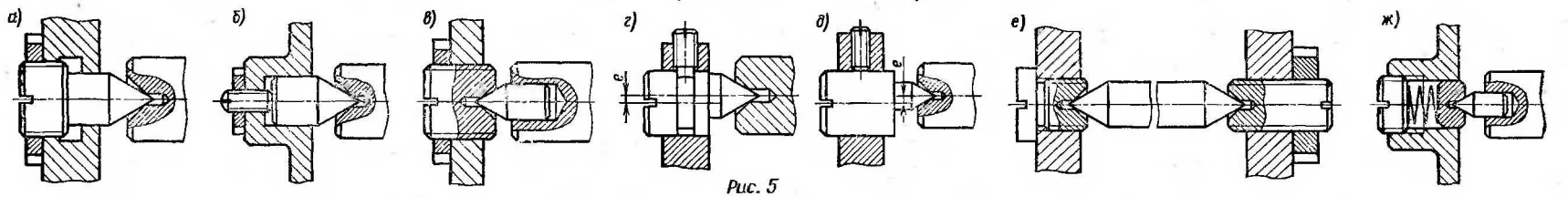



Рис. 5

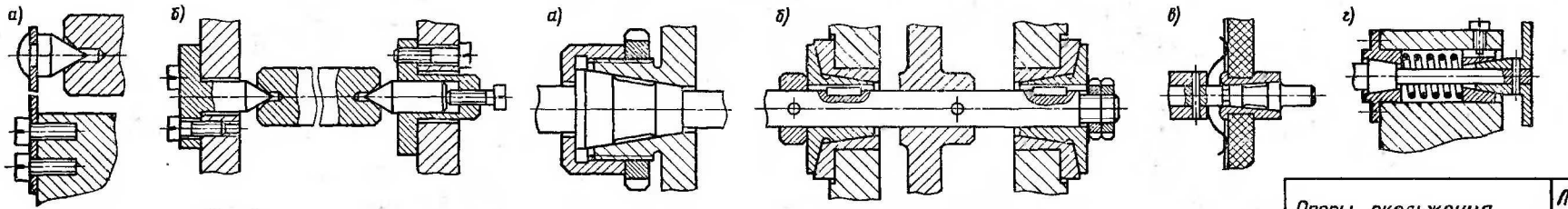



Рис. 6

Рис. 7

| Опоры скольжения | Лист 13 |
|---|---|

## Сферические опоры скольжения

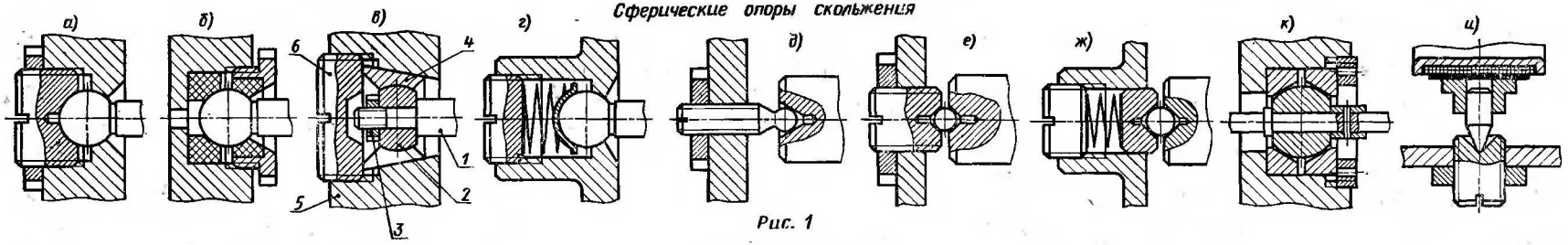



Рис. 1

## Камневые опоры

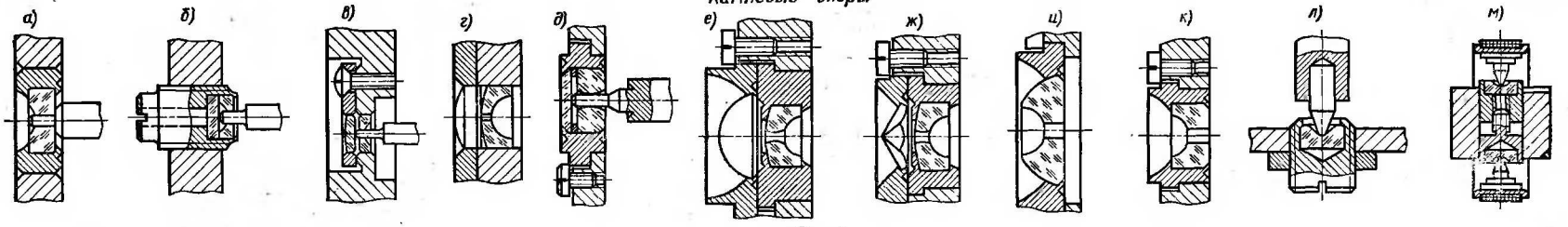



Рис. 2

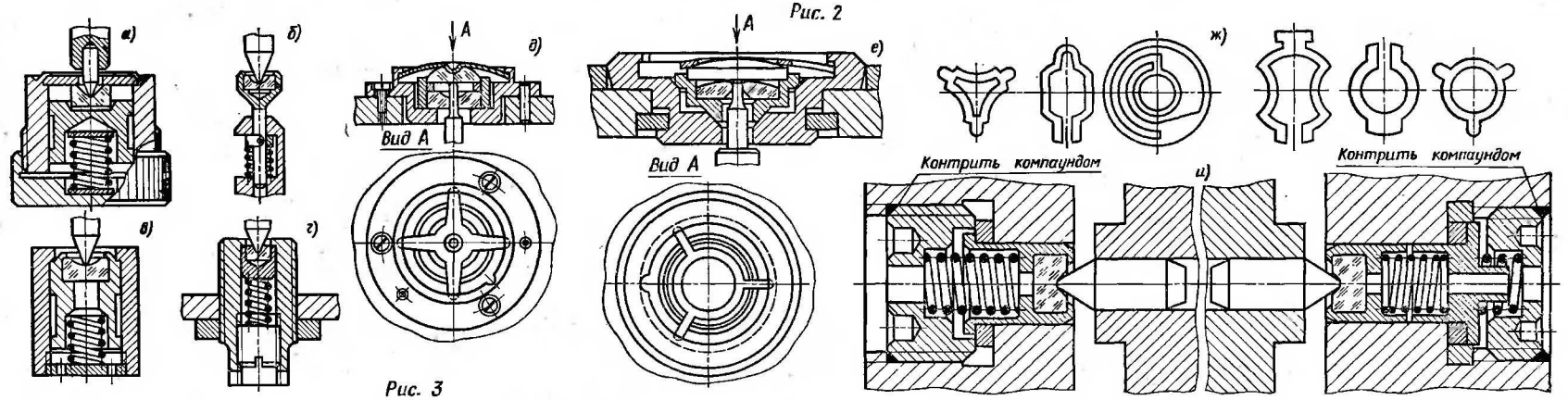



Рис. 3

## Ножевые опоры

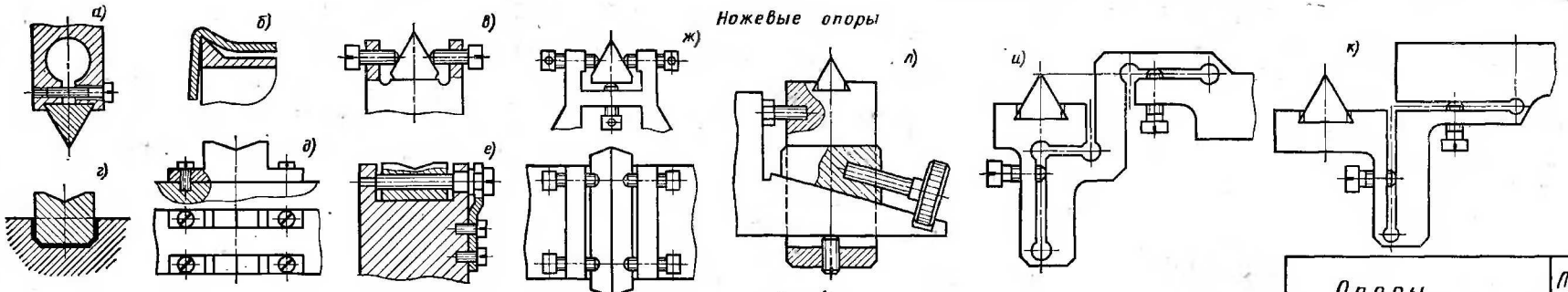



Рис. 4

Опоры

Лист 14

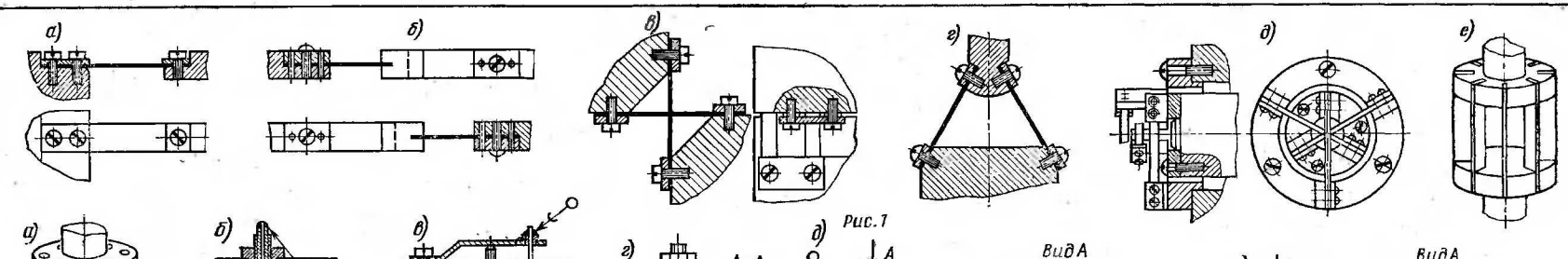



Рис. 1

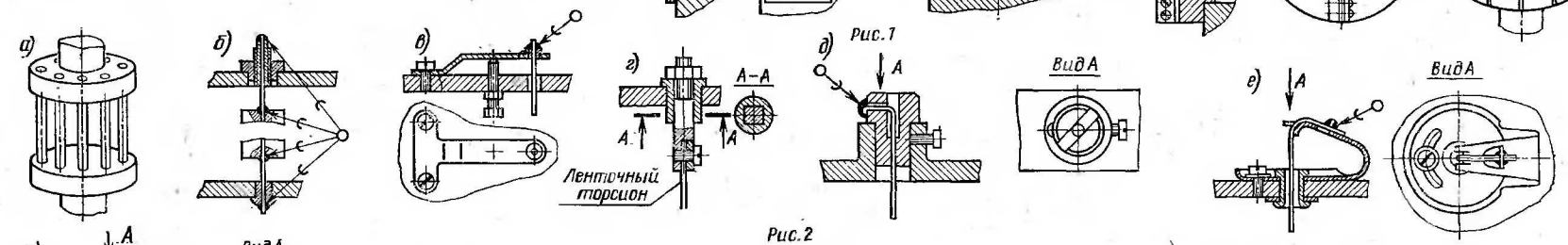



Рис. 2

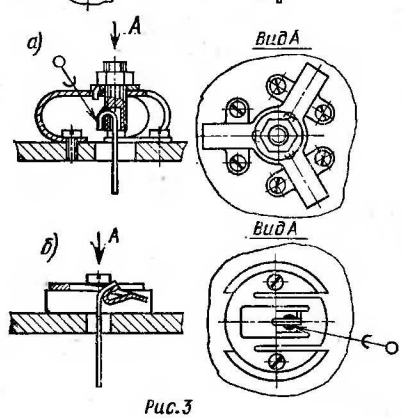



Рис. 3

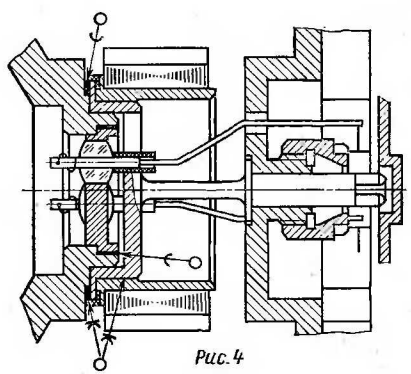


Рис. 4

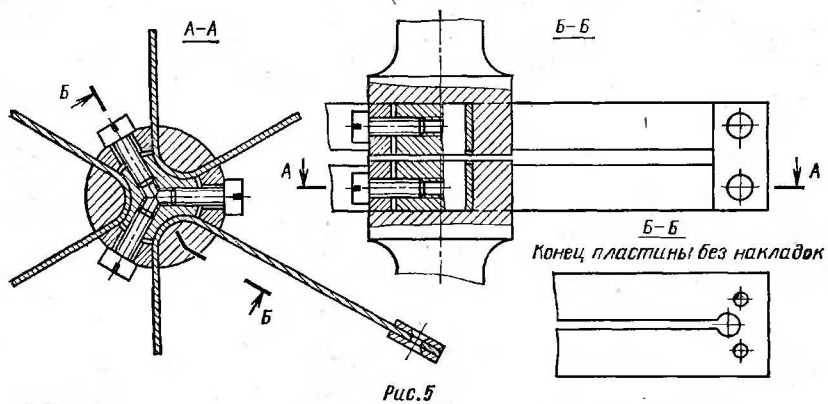



Рис. 5

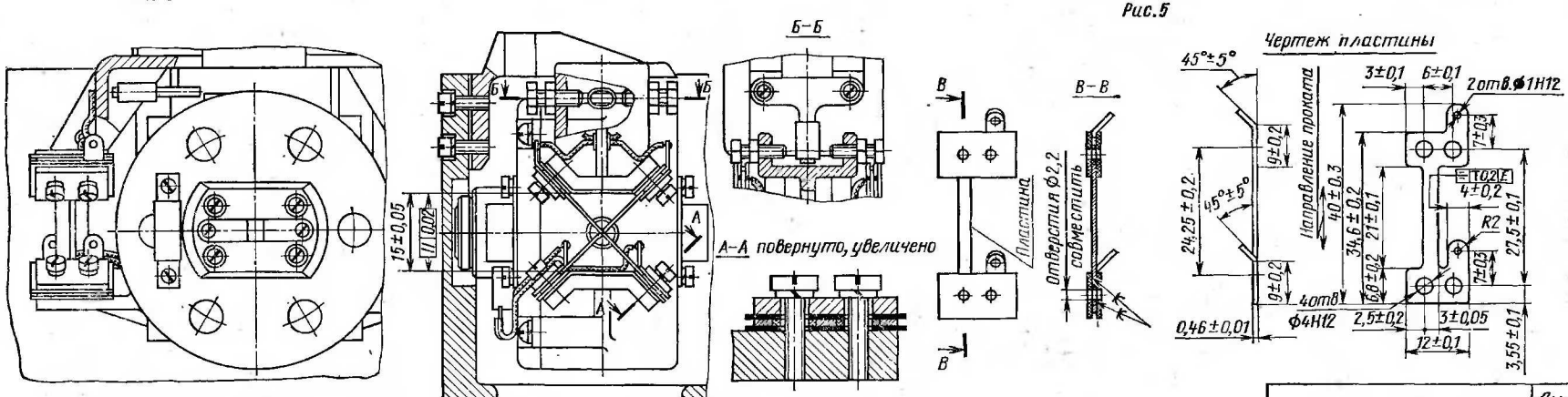



Рис. 6

Упругие опоры

Лист 15

## Установка подшипников качения на вал и в корпус с осевой фиксацией

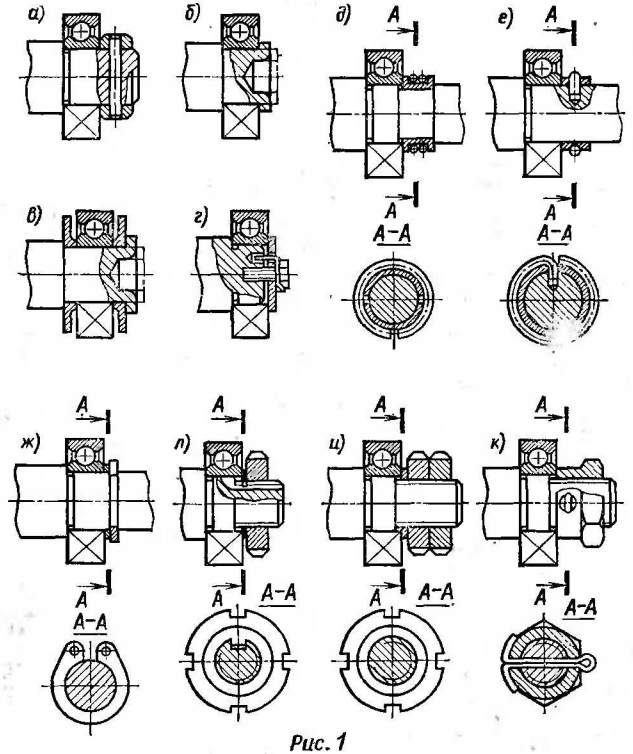



Рис. 1

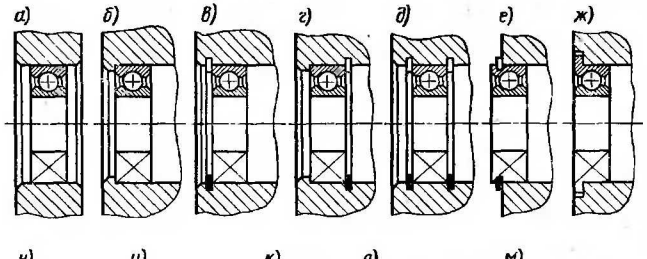



Рис. 2

## Конструкции опор с различными способами фиксации подшипников качения

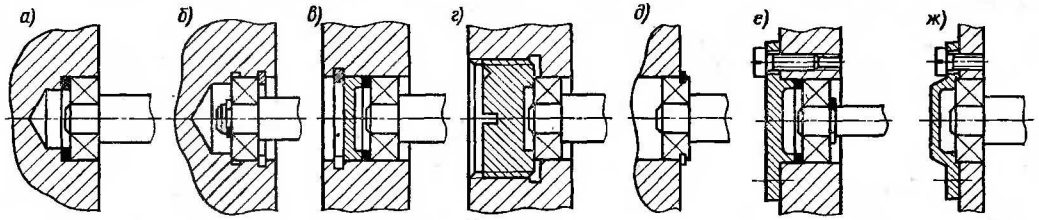



Рис. 3

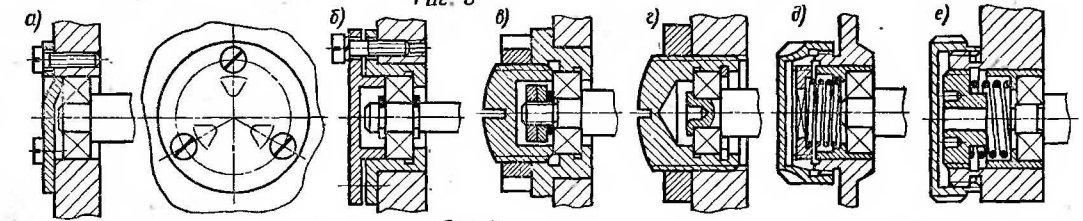



Рис. 4

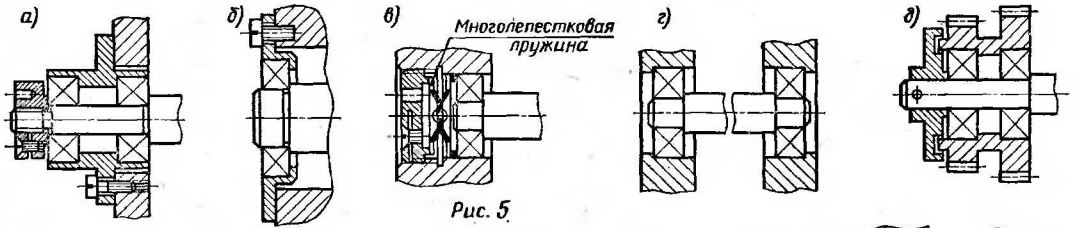



Рис. 5

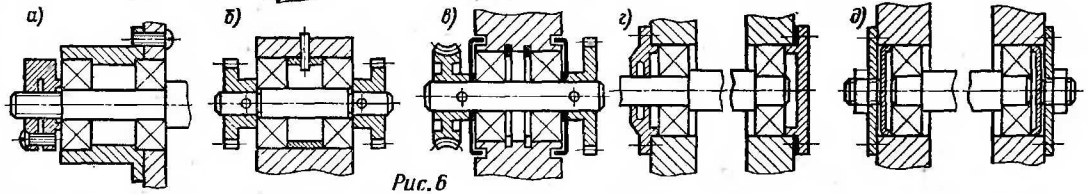



Рис. 6

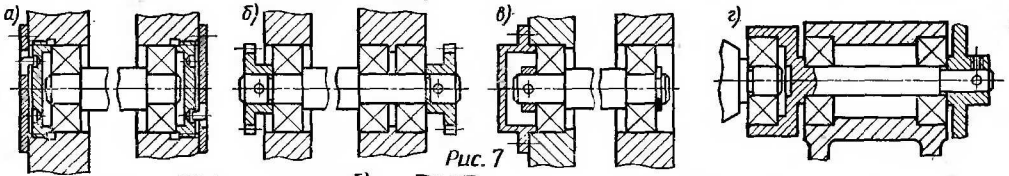



Рис. 7

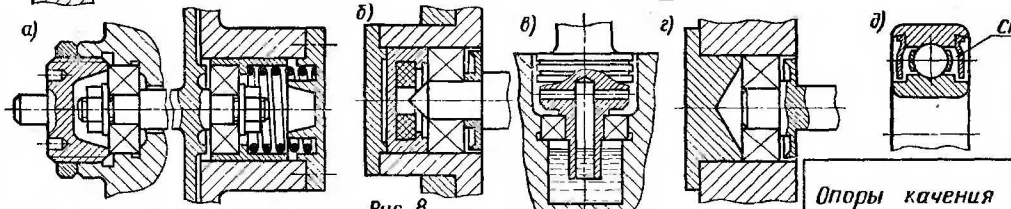



Рис. 8

Опоры качения

Лист 16

## Подшипниковые узлы закрытых приборных передач

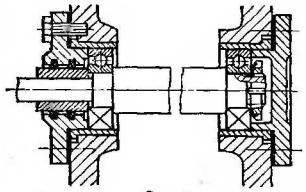


Рис. 1

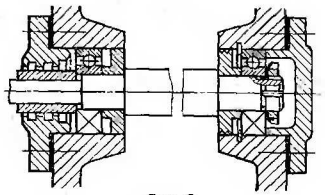


Рис. 2

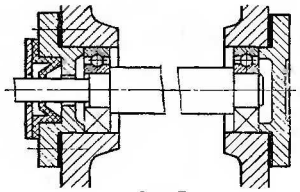


Рис. 3

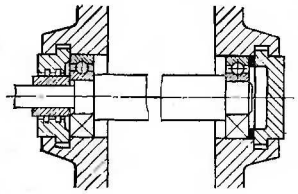


Рис. 4

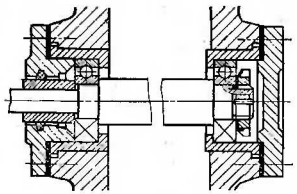


Рис. 5

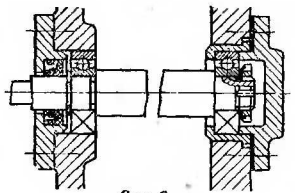


Рис. 6

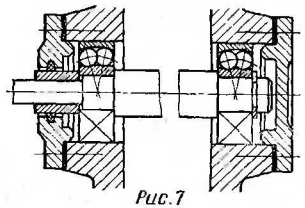


Рис. 7

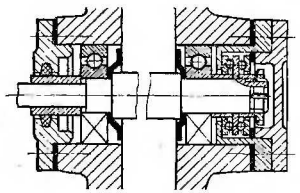


Рис. 8

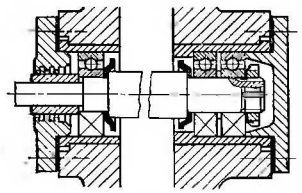


Рис. 9

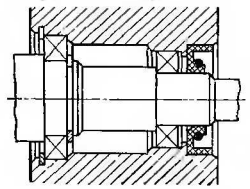


Рис. 10

## Варианты сложных подшипниковых узлов

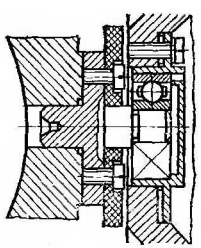


Рис. 11

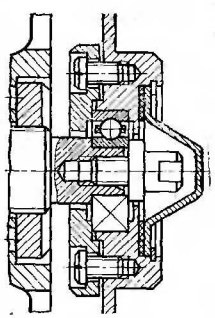


Рис. 12

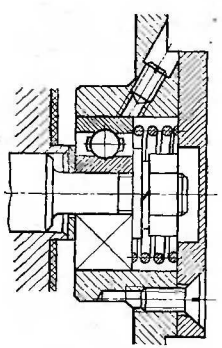


Рис. 13

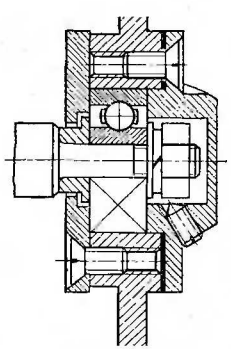


Рис. 14

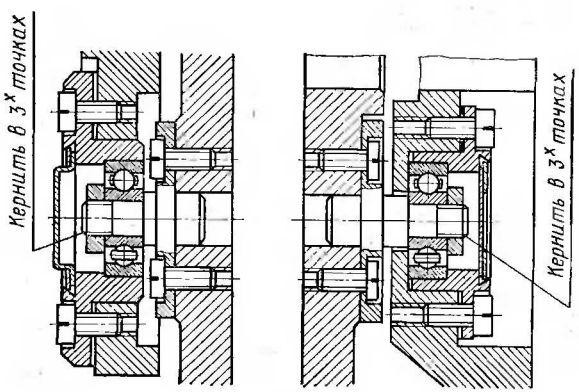



Рис. 15

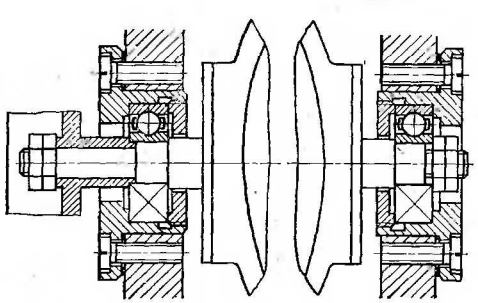


Рис. 16

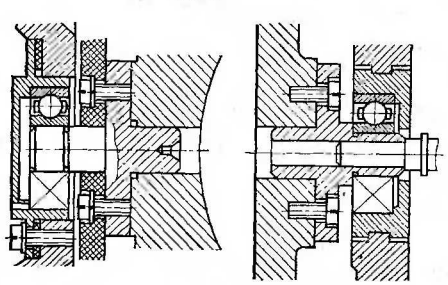


Рис. 17

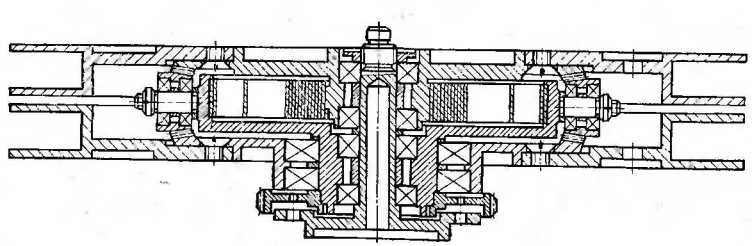


Рис. 18

Опоры качения | Лист 17

## Малогабаритные опоры качения

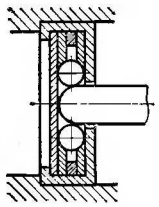


Рис. 1

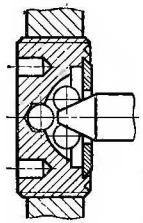


Рис. 2

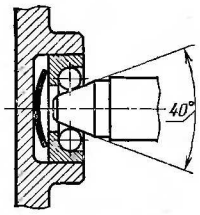



Рис. 3

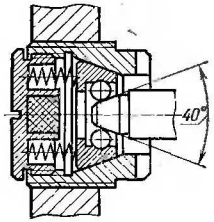



Рис. 4

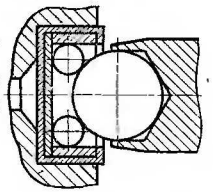


Рис. 5

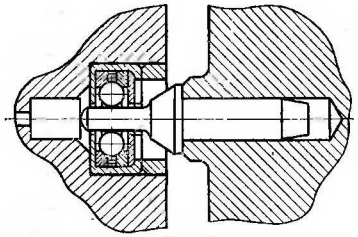


Рис. 6

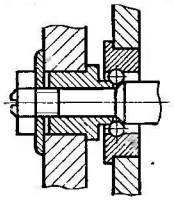


Рис. 7

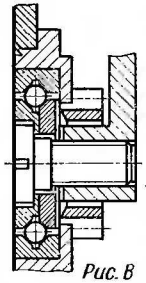


Рис. 8

## Скоростные подшипники

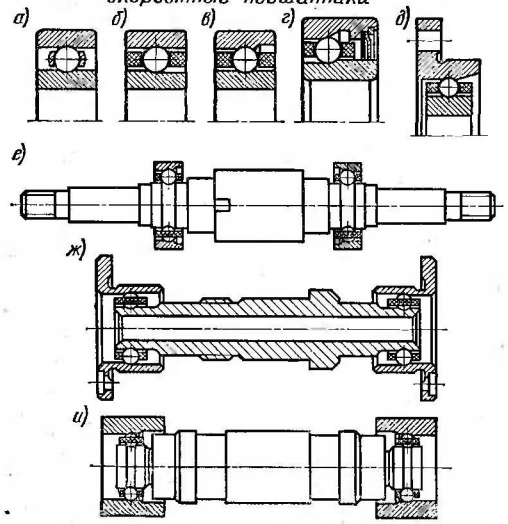



Рис. 9

## Чувствительные скоростные подшипники

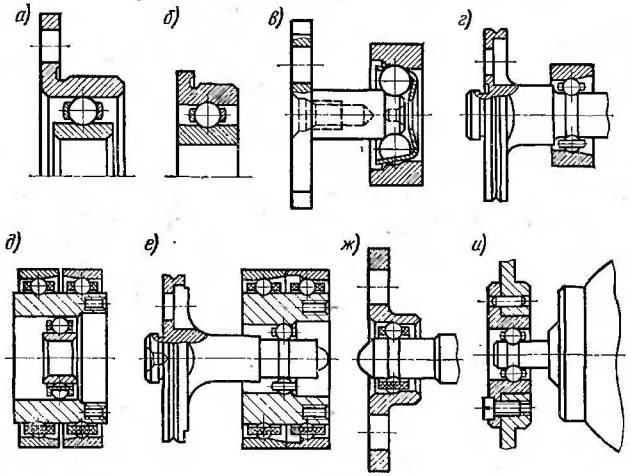



Рис. 10

## Многоточечные подшипники качения (нестандартные)

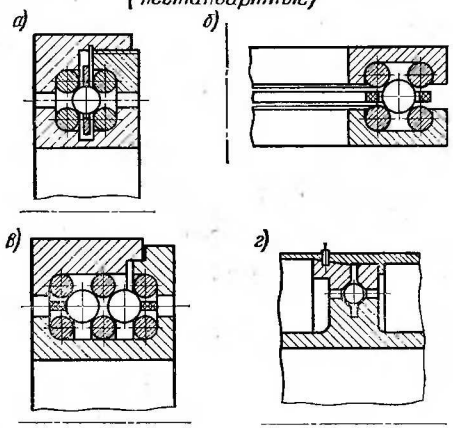



Рис. 11

## Варианты конструкций узлов со специальными подшипниками

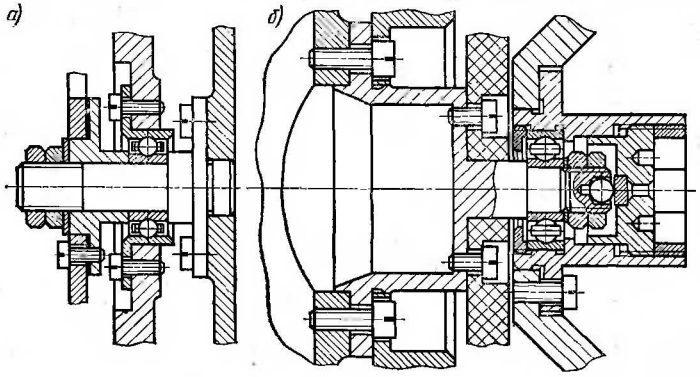



Рис. 12

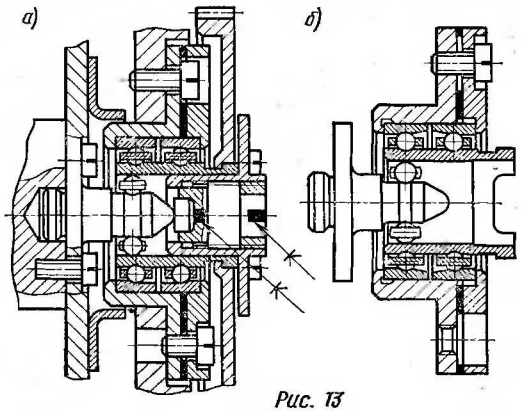



Рис. 13

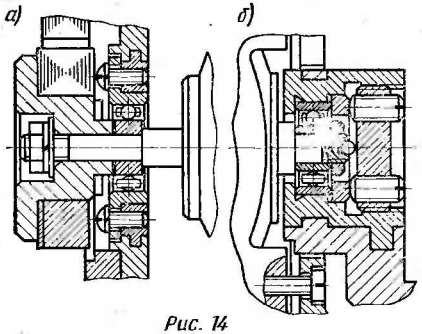



Рис. 14

| Специальные опоры | Лист 18 |
|---|---|

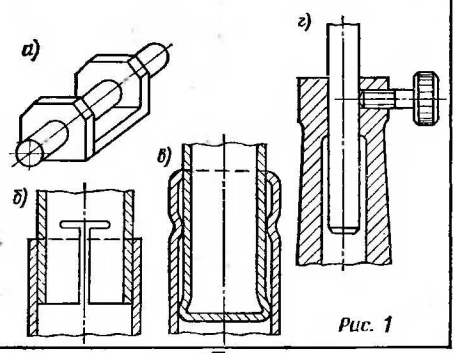
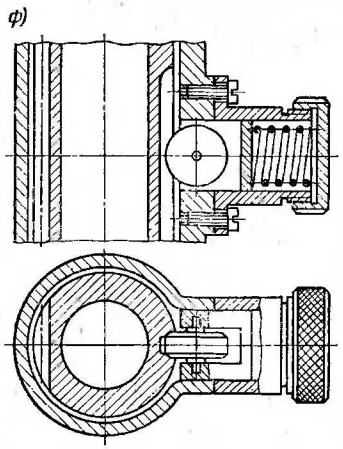



Рис. 1



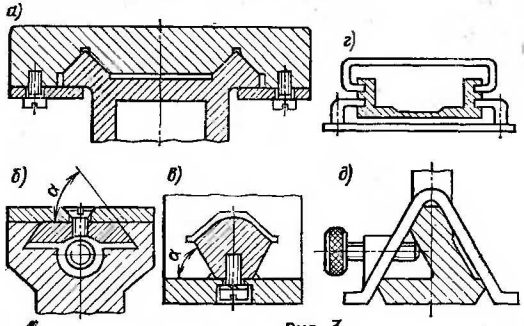
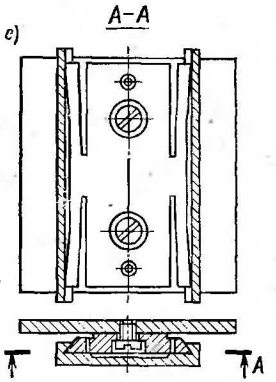




Рис. 3



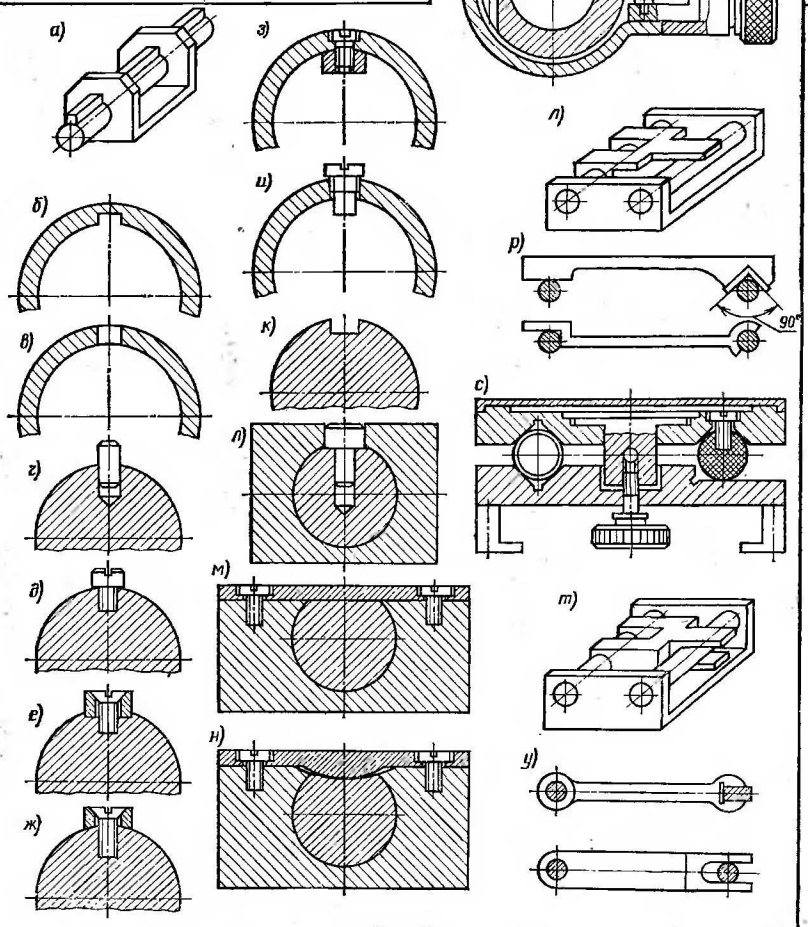




Рис. 2

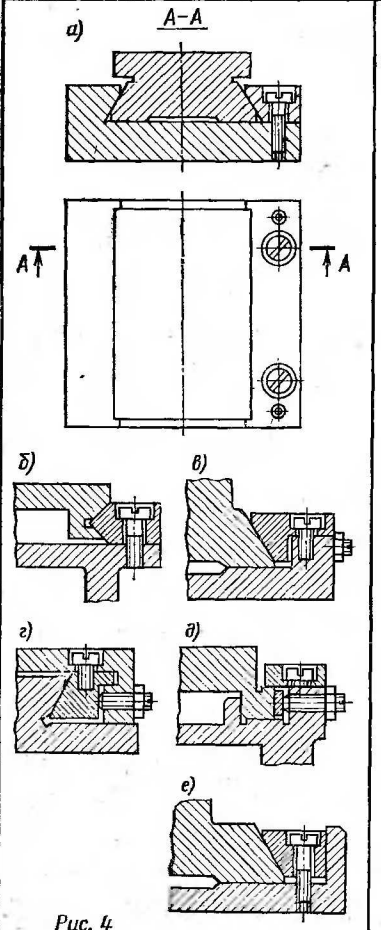



Рис. 4

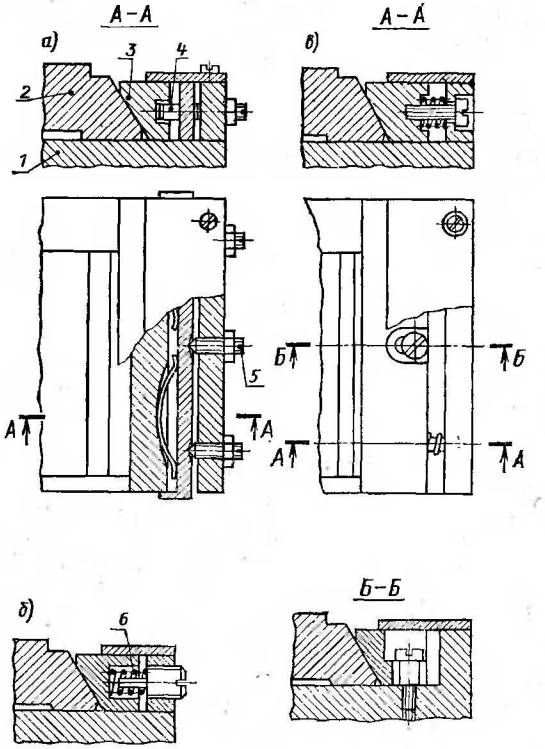



Рис. 5

| Направляющие с трением скольжения | Лист 19 |
|---|---|

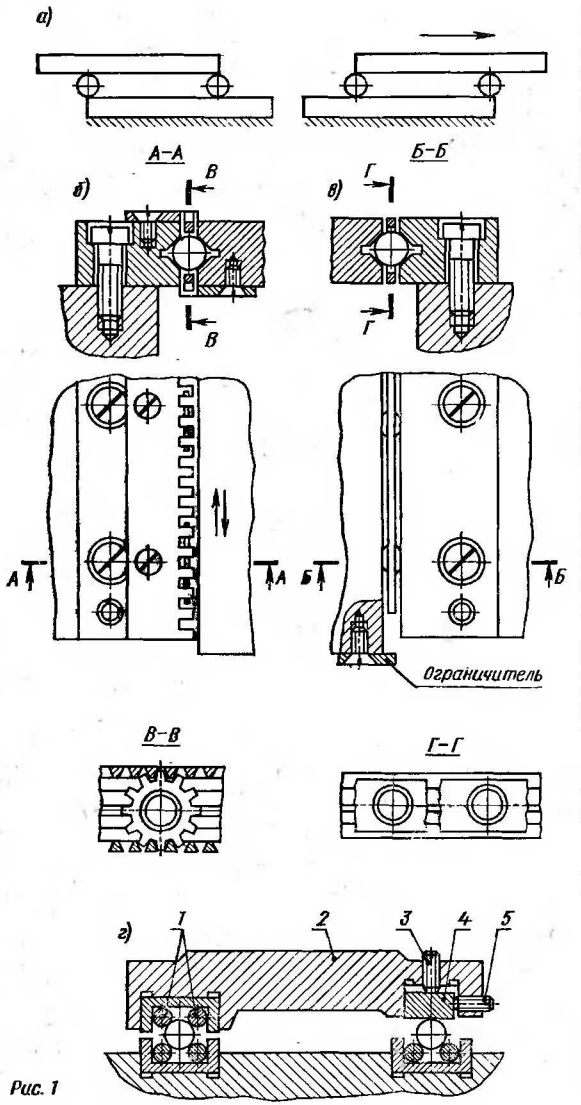



Рис. 1

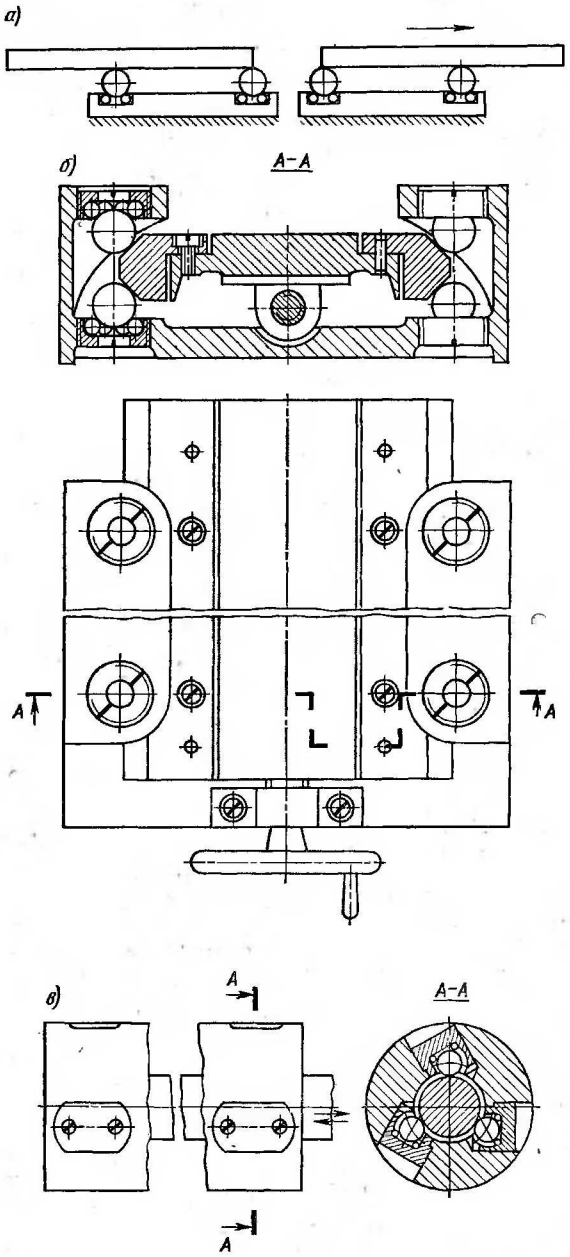
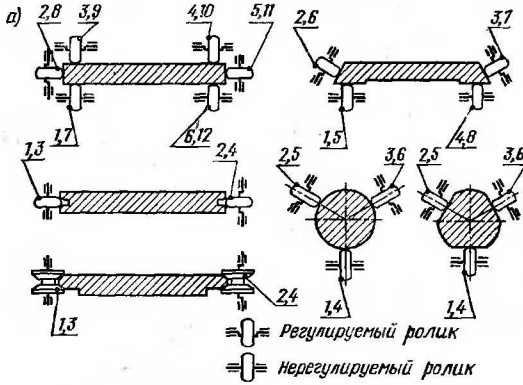



Рис. 2



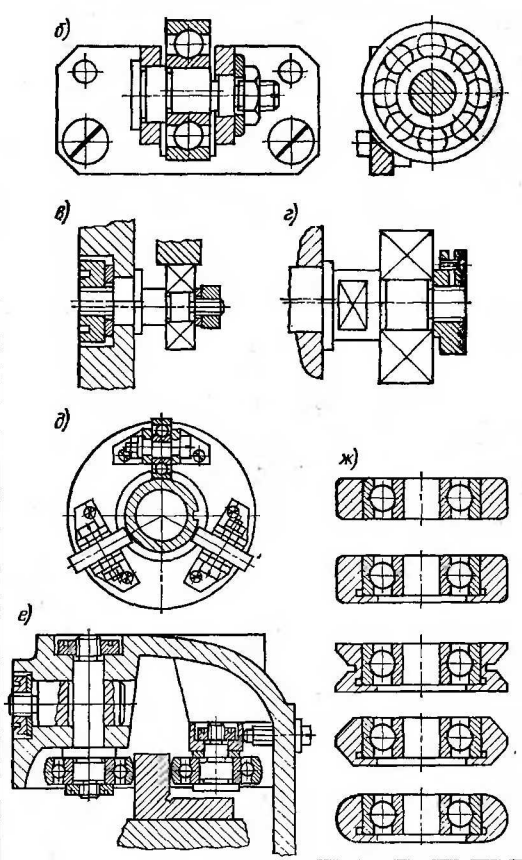




Рис. 3

Направляющие с трением качения

Лист 20

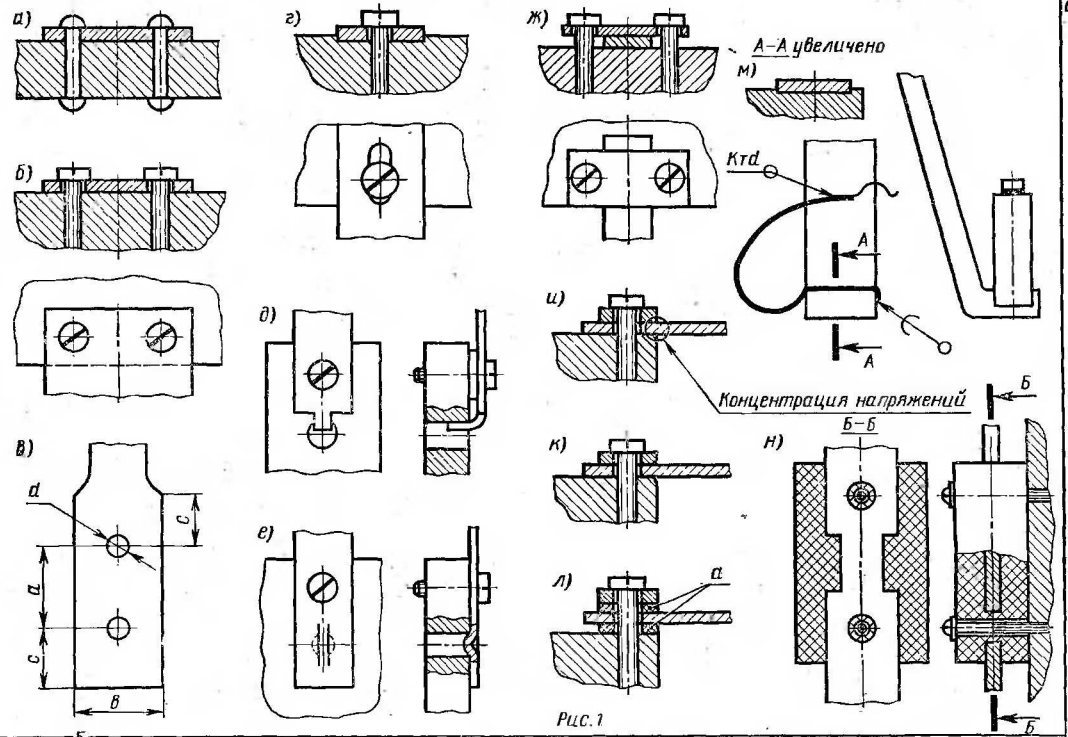



Рис. 1

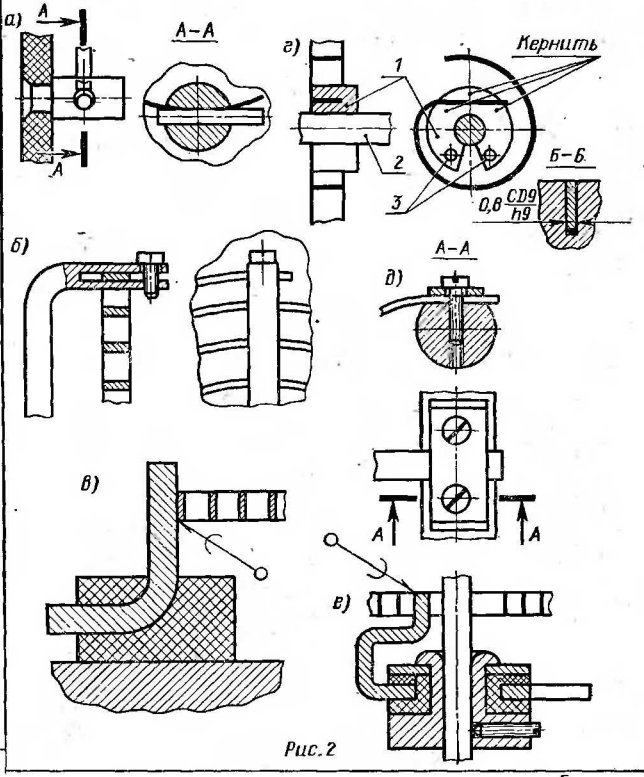



Рис. 2

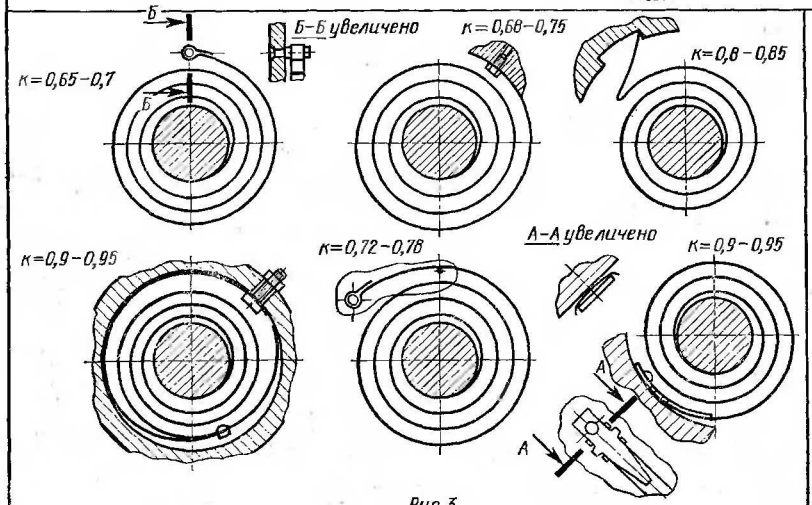



Рис. 3

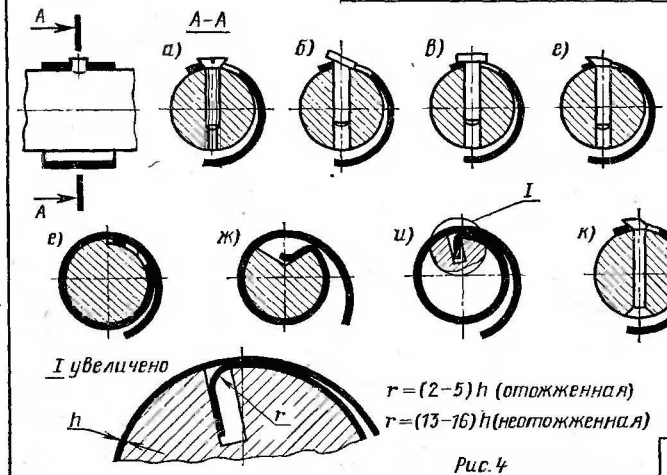



Рис. 4

Плоские пружины

Лист 21

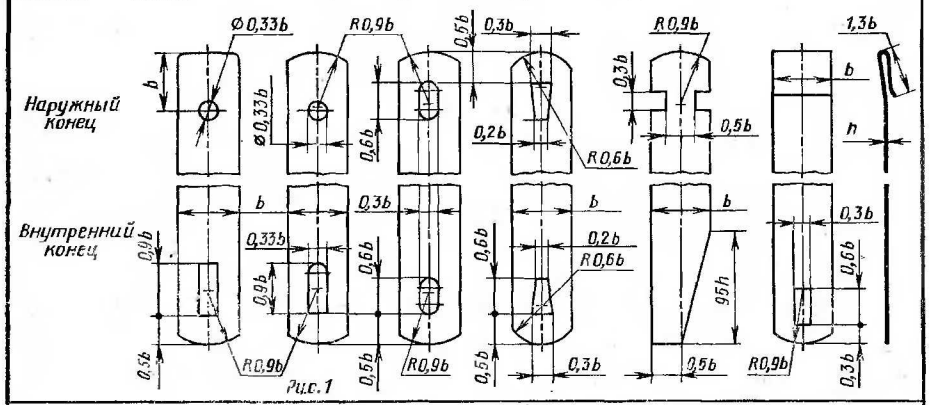


Рис. 1

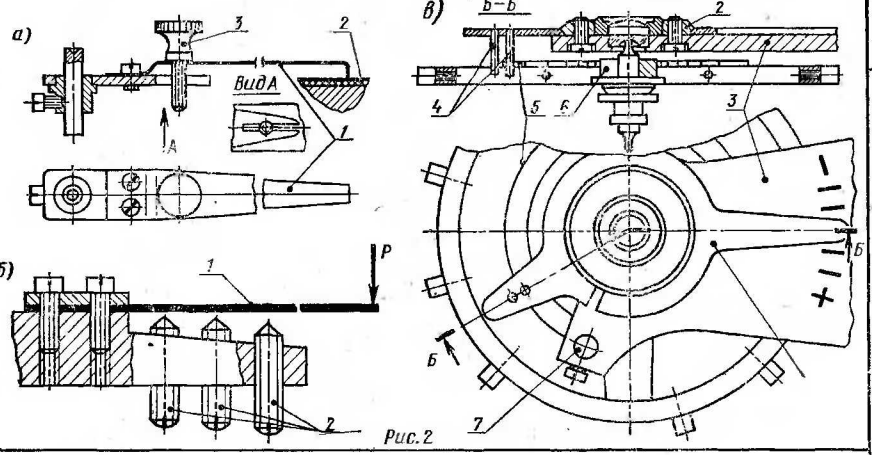


Рис. 2

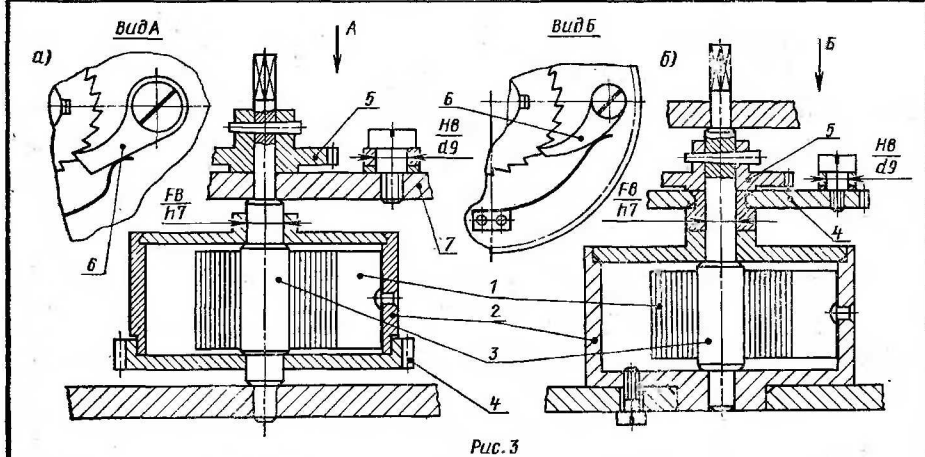


Рис. 3

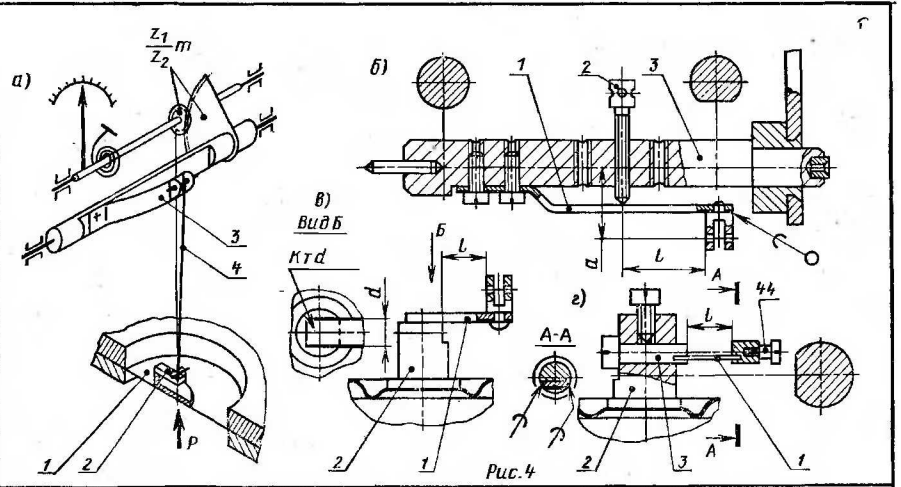


Рис. 4

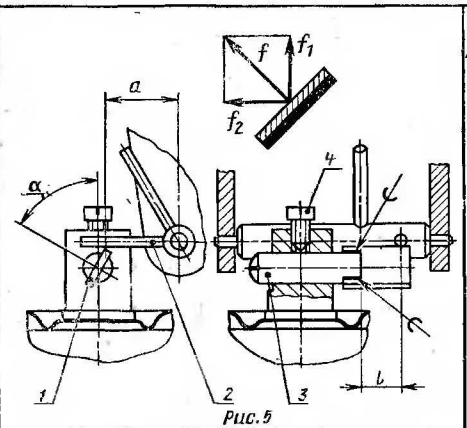


Рис. 5

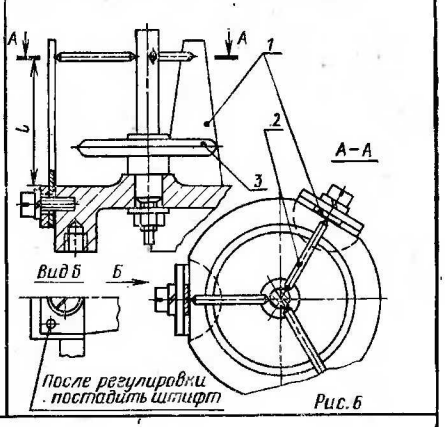


Рис. 6

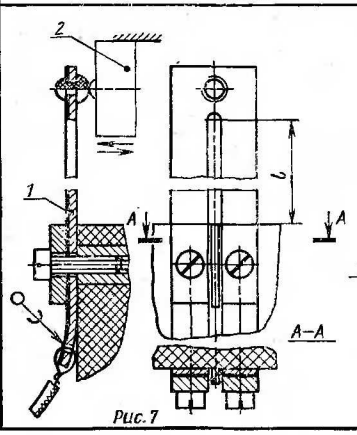


Рис. 7

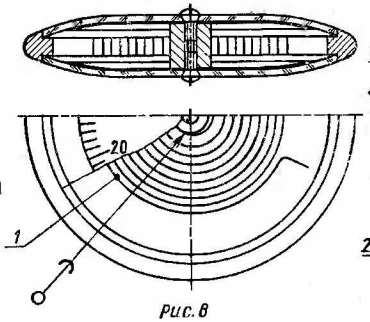
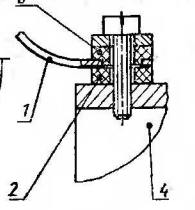


Рис. 8


Рис. 9

Плоские и термобиметаллические пружины

Лист 22

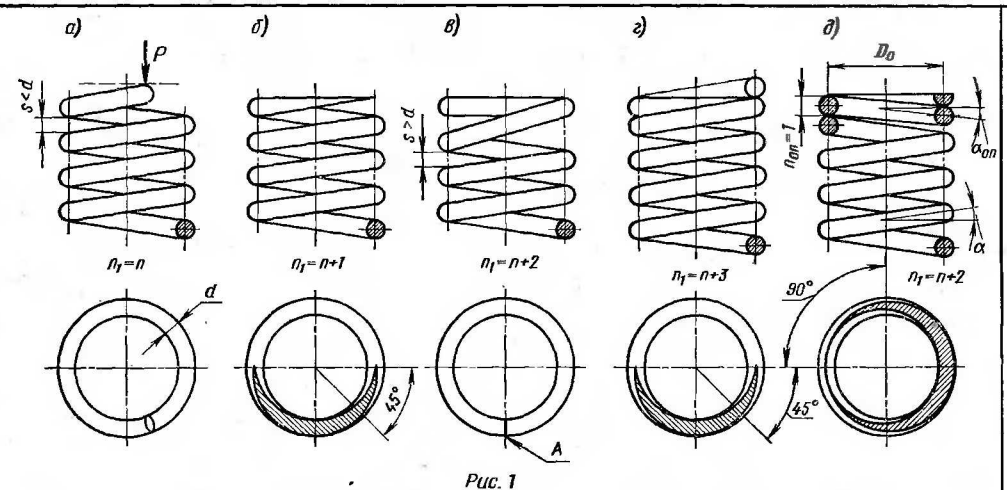



Рис. 1

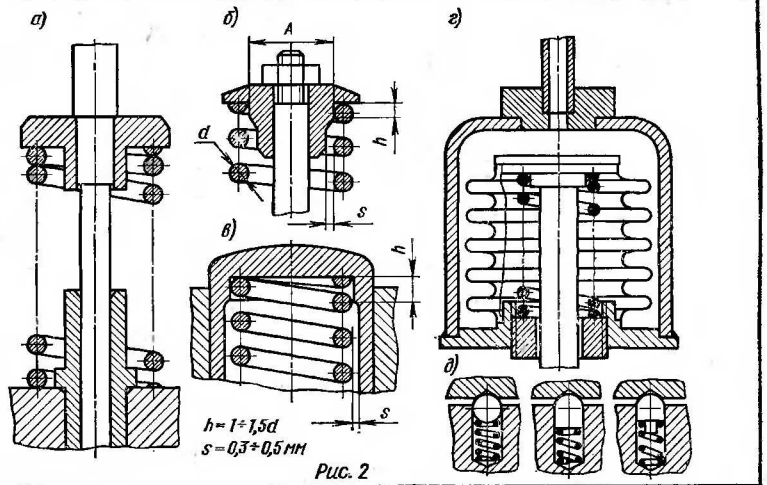



Рис. 2

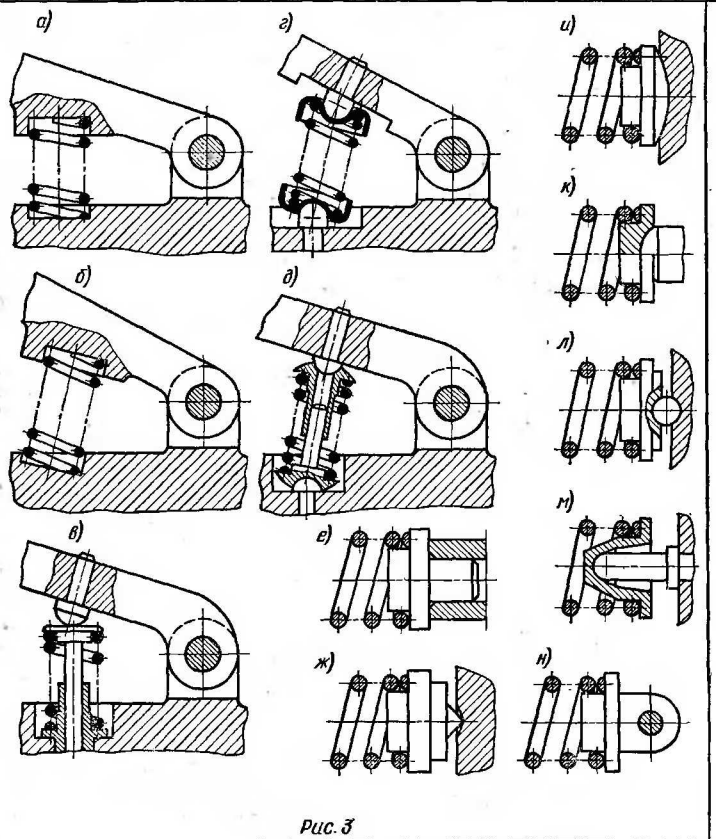



Рис. 3

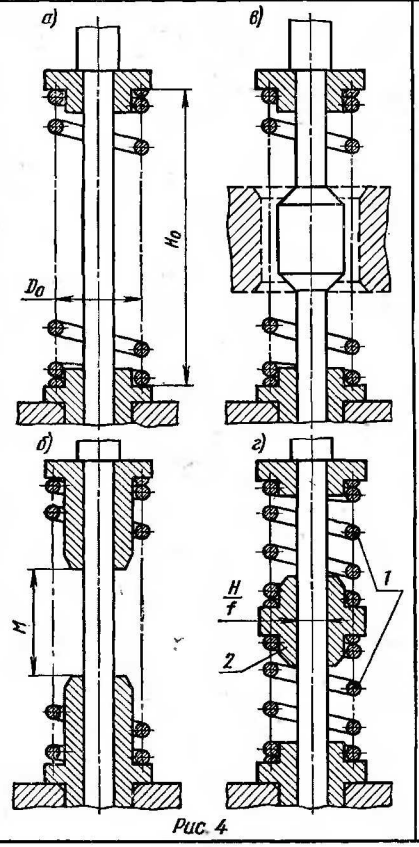



Рис. 4

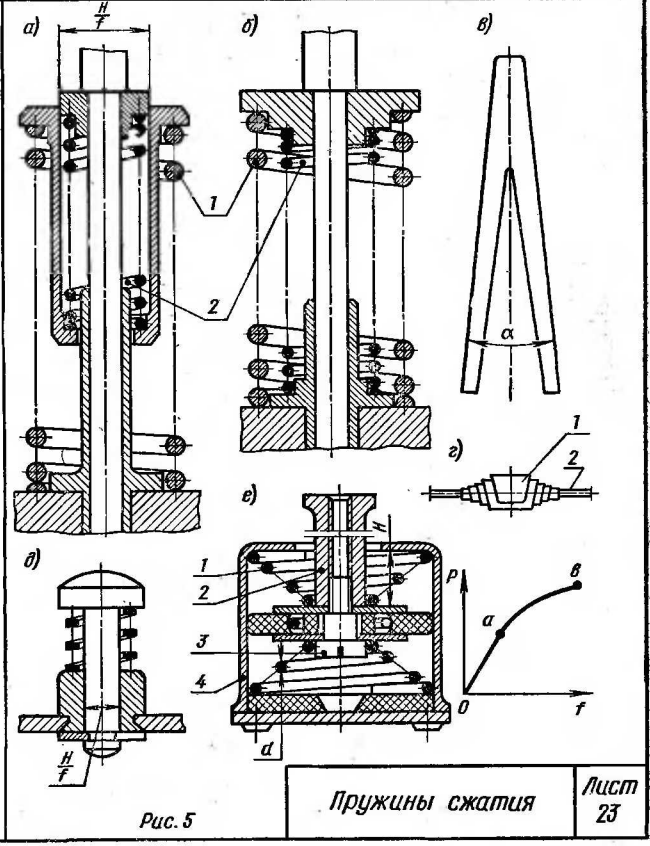



Рис. 5

| Пружины сжатия | Лист 23 |
|---|---|

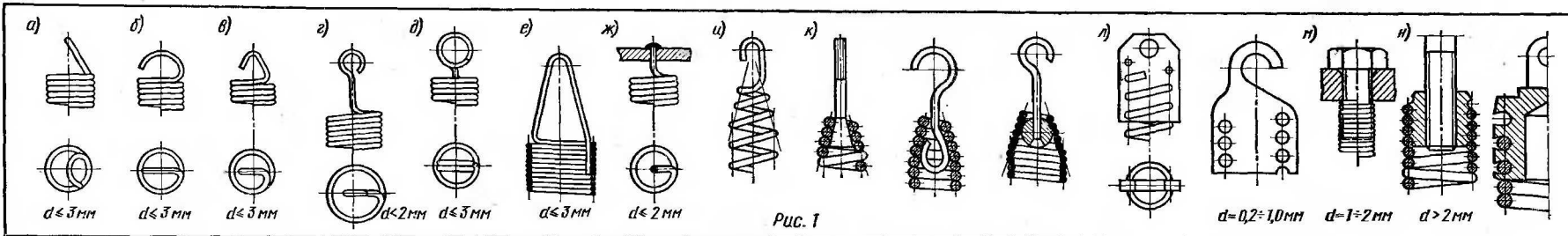



Рис. 1

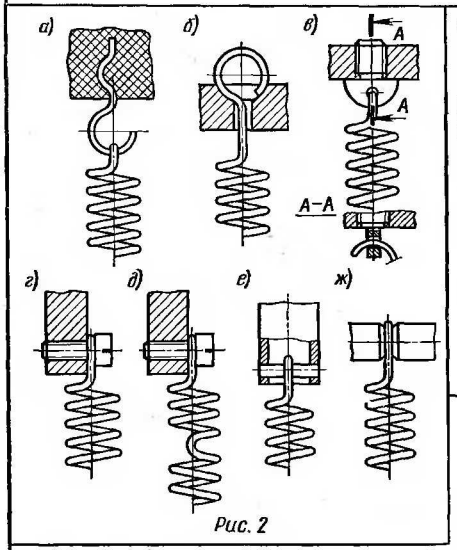



Рис. 2

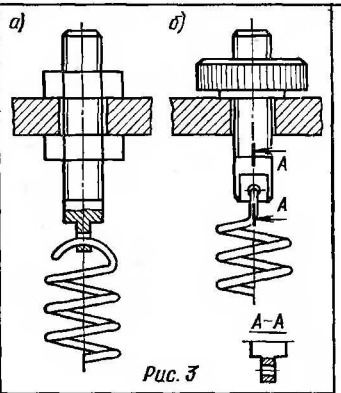



Рис. 3

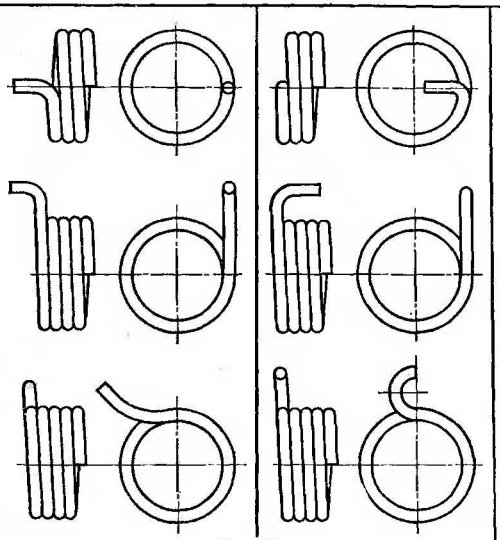


Рис. 5

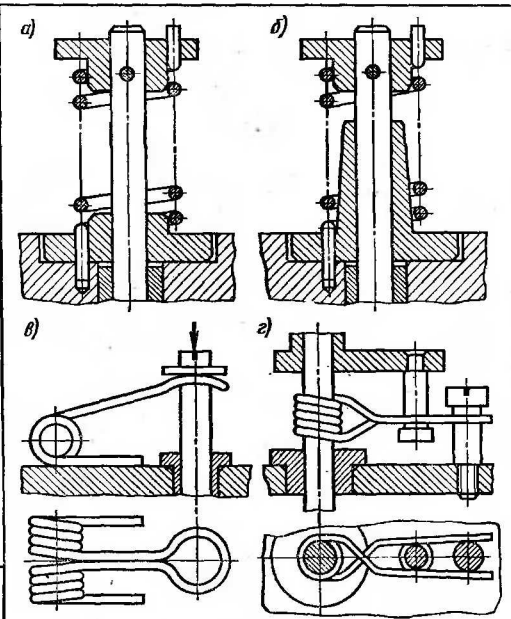



Рис. 6

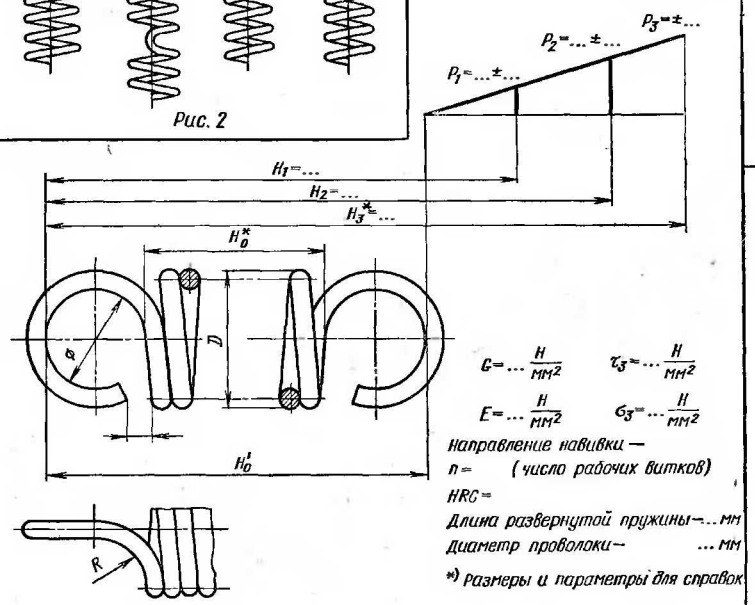



Рис. 4 (по ГОСТ 2.401-68)

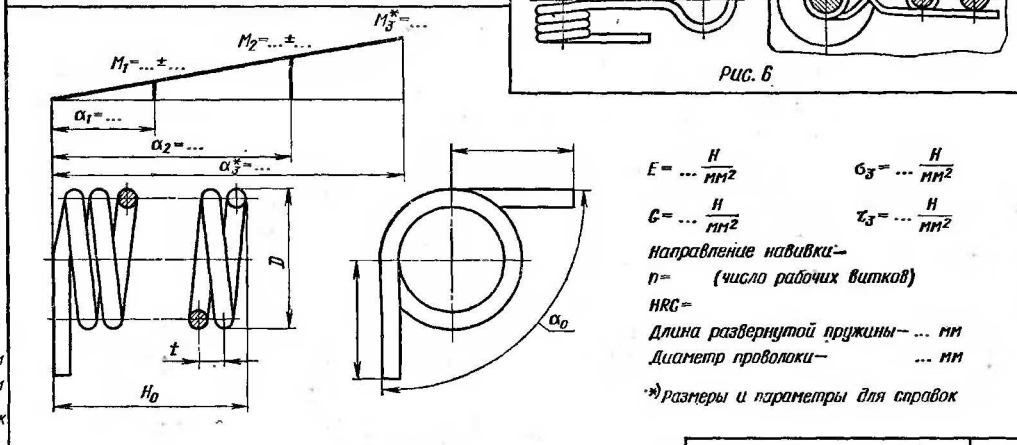



Рис. 7 (по ГОСТ 2.401-68)

| Пружины растяжения и кручения | Лист 24 |
|---|---|

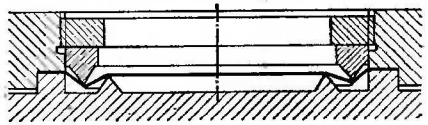


Рис. 1

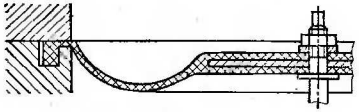


Рис. 2

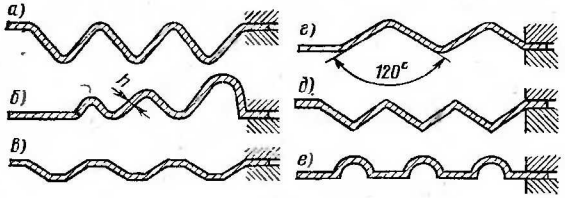



Рис. 3

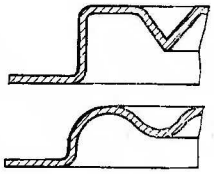


Рис. 4

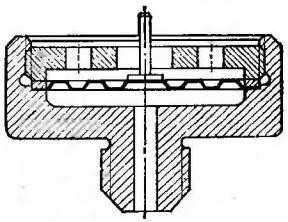


Рис. 5

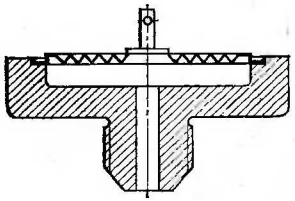


Рис. 6

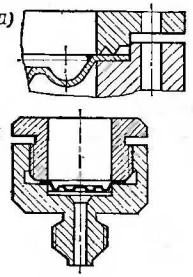



Рис. 7

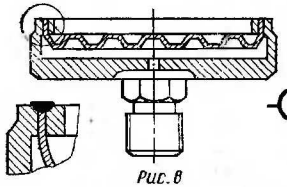
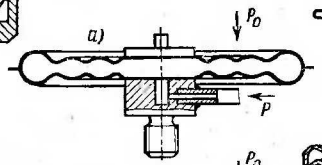


Рис. 8



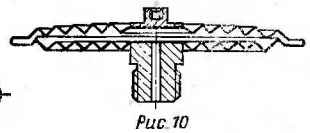



Рис. 10

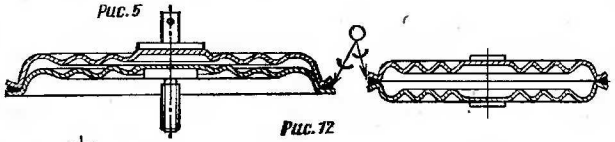


Рис. 12

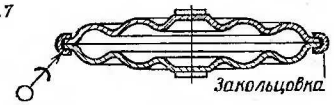



Рис. 13

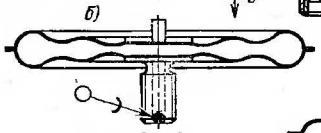



Рис. 9

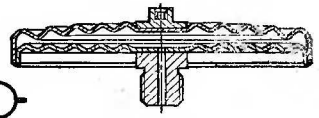


Рис. 11

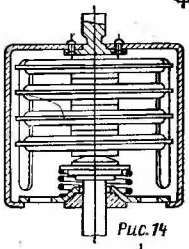


Рис. 14

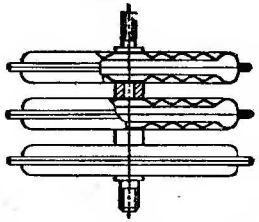


Рис. 15

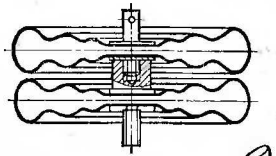


Рис. 16

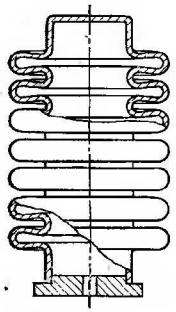


Рис. 21

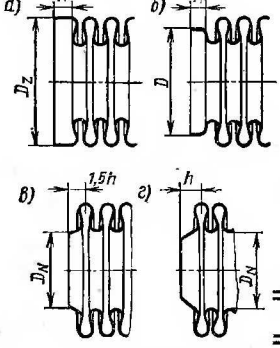



Рис. 23

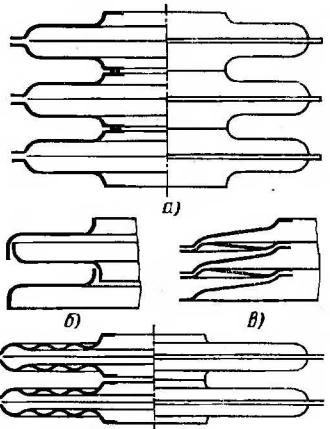
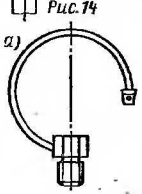
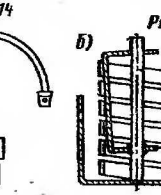



Рис. 22



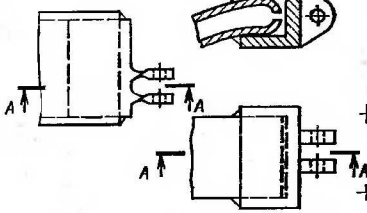
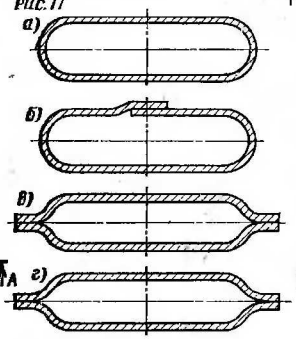
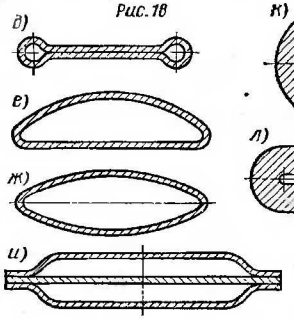




Рис. 19



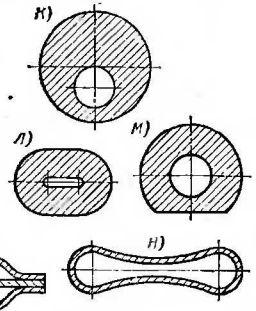
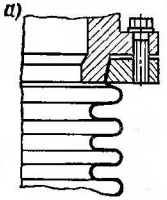




Рис. 20



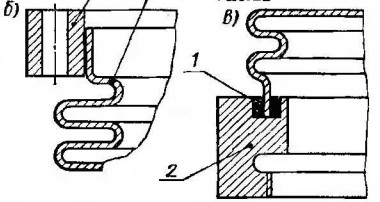
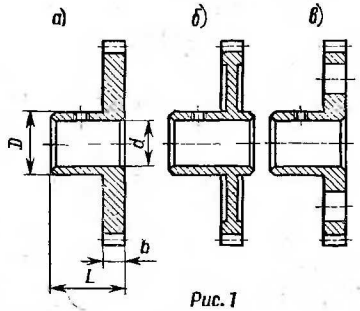




Рис. 24

Сильфоны, мембраны, манометрические трубчатые пружины

Лист 25

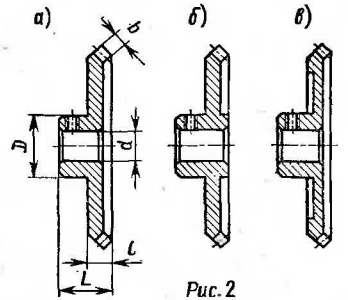
Размеры в мм




| d 1 ряд | d 2 ряд | D | L | b |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 3,5 | 7 | 6; 8; 10 | 2 ... 3 |
| 4 | 4,5 | 8 | | |
| 5 | 5,5 | 9 | 7; 10; 12; 14; 16 | |
| 6 | 7 | 10; 12 | | 3 ... 7 |
| 8 | 9 | 14 | 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25 | |
| 10 | 11 | 16 | | |
| 12 | 14 | 20 | | |
| 16 | 18 | 22; 25 | | |

Рис. 1

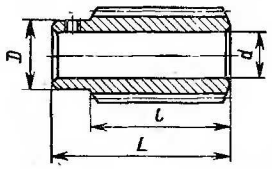
Размеры в мм




| m | d | D | L | l | b |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,3 ... 0,5 | 4 | 9 | 10 | 4 | 3 |
| | 5 | 10 | | | |
| | 6 | 12 | | | |
| 0,5 ... 1,0 | 7 | 15 | 12 | 5 | 4 |
| | 8 | 16 | | | |
| | 9 | 18 | 14 | 6 | 5 |
| | 10 | 18 | 16 | | |
| | 12 | 22 | 18 | 8 | |

Рис. 2

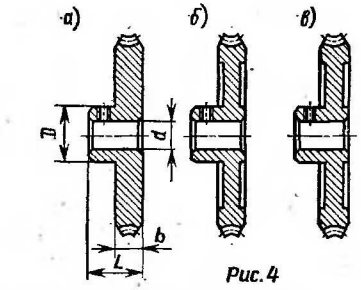
Размеры в мм




| m | d | D | L | l |
|---|---|---|---|---|
| 0,5 ... 1,0 | 4 | 7 | 18 ... 34 | 12 ... 24 |
| | 5 | 10 | | |
| | 8 | 12 | | |
| | 10 | 16 | | |
| | 12 | 18 | | |
| | 14 | 20 | | |
| 1,0 ... 1,5 | 15 | 22 | 44 ... 60 | 24 ... 48 |
| | 16 | 24 | | |

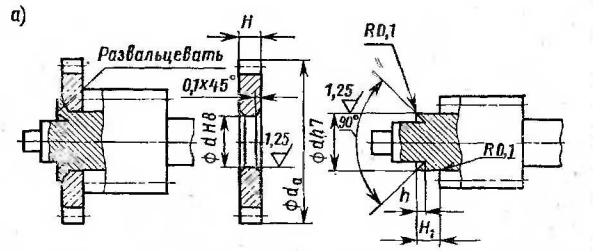
Рис. 3

Размеры в мм




| m | d | D | L | l |
|---|---|---|---|---|
| 0,5 ... 1,0 | 7 | 15 | 16 | 10 |
| | 8 | | | |
| | 9 | 18 | 16 | |
| | 10 | 18 | 18 | |
| 1,0 ... 1,5 | 12 | 22 | 25 | 15 |
| | 15 | 25 | | |
| | 17 | 28 | | |
| | 18 | | | |

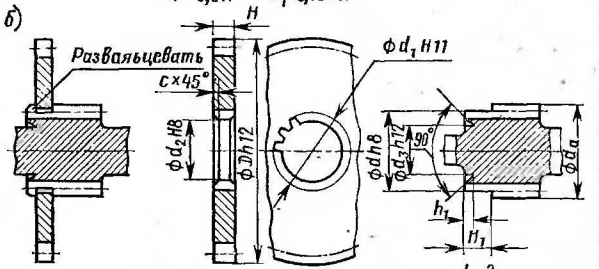
Рис. 4




| m | d | $d_a$ | H |
|---|---|---|---|
| 0,15 ... 0,4 | 2,5 | до 20 | 0,8 |
| | 3 | 25 | 1 |
| | 4 | 30 | 1,2 |
| | 5 | 40 | 1,5 |

| $M_{max}$, Н·м | d, мм |
|---|---|
| 0,2 | 2,5 ... 4 |
| 0,25 | 3 ... 4 |
| 0,3 | 4 ... 5 |

h = 0,3H  $H_1$ = 0,15+H




| m | $h_1$ | $H_1$ − H | c |
|---|---|---|---|
| 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| 0,3 ... 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,2 |
| 0,5 ... 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| 0,7 ... 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,4 |
| 1 | 1 | 0,8 | 0,4 |

d – диаметр делительной окружности трибки

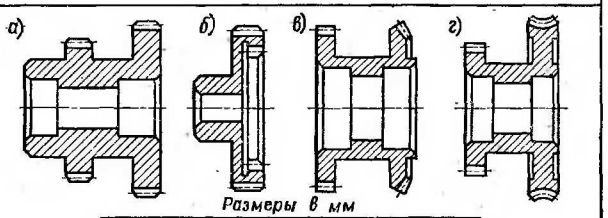
$D = d_{a_2} + 0{,}1$ мм

$d_2 = d_{a_1} - 2h_1 + 0{,}1m$

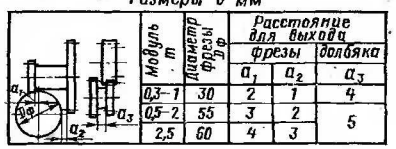
$d_1 = d + 0{,}1$ мм

$d_3 = d - (2h_1 + 0{,}4)$

Рис. 5




Размеры в мм




| Модуль m | Диаметр фрезы φD | Расстояние для выхода фрезы $a_1$ | Расстояние для выхода фрезы $a_2$ | Расстояние для выхода долбяка $a_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,3 – 1 | 30 | 2 | 1 | 4 |
| 0,5 – 2 | 55 | 3 | 2 | 5 |
| 2,5 | 60 | 4 | 3 | |

Рис. 6

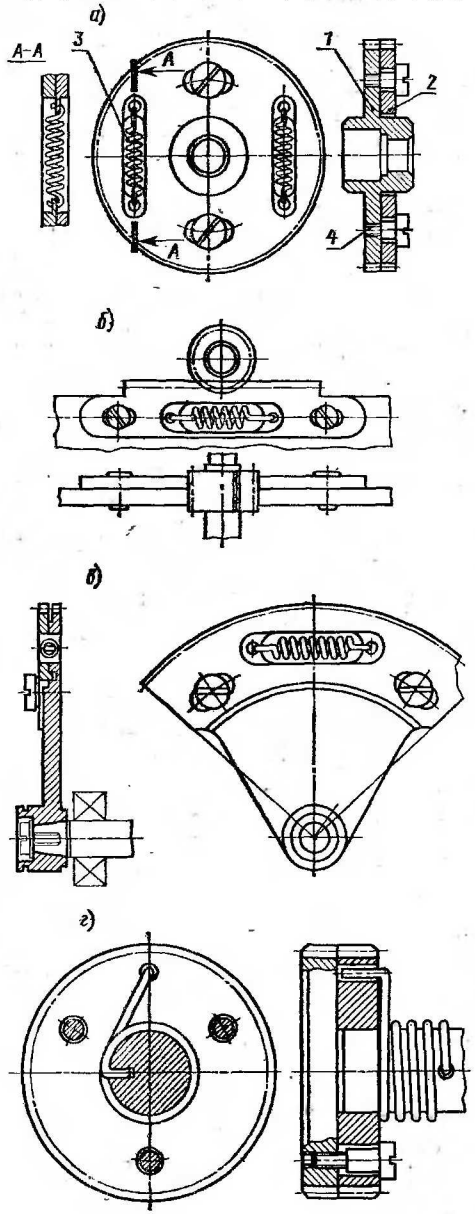



Рис. 7

**Зубчатые колеса**

Лист 26

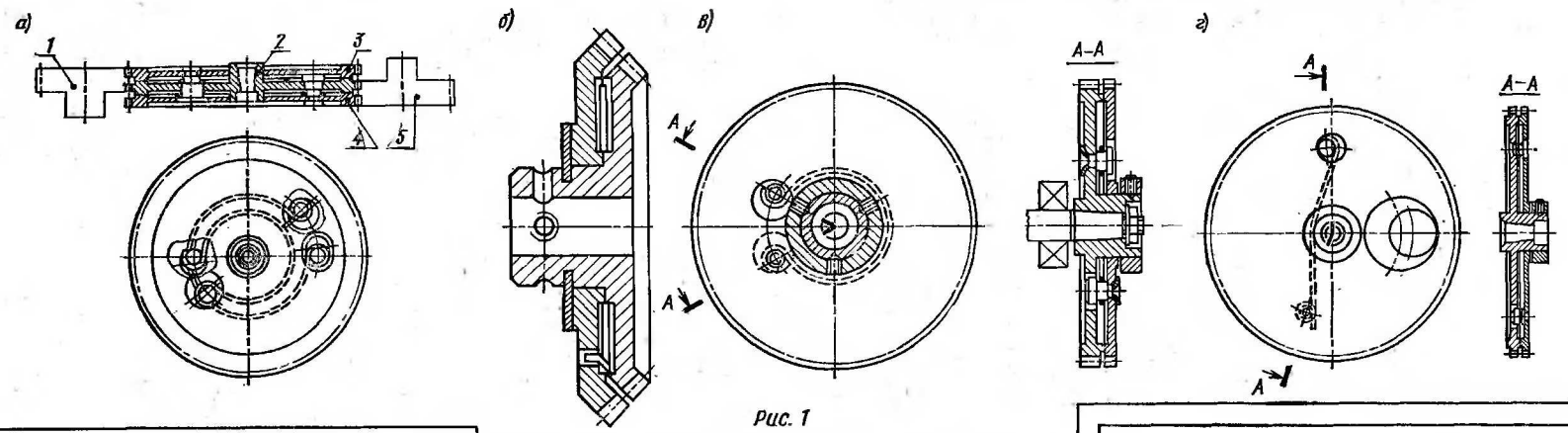



Рис. 1

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | $m$ | |
| Число зубьев | $z$ | |
| Угол наклона зуба | $\beta$ | |
| Направление линии зуба | – | |
| Исходный контур | – | |
| Коэффициент смещения исходного контура | $x$ | |
| Степень точности СТ СЭВ ... | – | |
| Делительный диаметр | $d$ | |

1. Данные для контроля зубьев по нормам точности по ...
2. Твердость НВ ...
3. Твердость зубьев HRC ...
4. Покрытие ...
5. Неуказанные предельные отклонения размеров: охватывающих по ..., охватываемых по ..., остальных по ...
6. Дисбаланс не более ...

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ... XXXXXX ... | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | | | | Колесо зубчатое | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов | |
| Н. контр. | | | | | Сталь 40Х ГОСТ 4543–71 | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | $m$ | |
| Число витков | $z_1$ | |
| Вид червяка | – | |
| Делительный угол подъема витка | $\gamma$ | |
| Направление линии витка | – | |
| Исходный контур | – | |
| Степень точности СТ СЭВ ... | – | |
| Делительный диаметр червяка | $d_1$ | |
| Ход витка | $pz_1$ | |
| Обозначение чертежа сопряженного колеса | – | |

1. Данные для контроля зубьев по нормам точности по ...
2. Твердость НВ ...
3. Твердость зубьев HRC ...
4. Покрытие ...
5. Неуказанные предельные отклонения размеров: охватывающих по ..., охватываемых по ..., остальных по ...

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ... XXXXXX ... | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | | | | Червяк | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов | |
| Н. контр. | | | | | Сталь 40Х ГОСТ 4543–71 | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | $m$ | |
| Число зубьев | $z_2$ | |
| Направление линии зуба | – | |
| Коэффициент смещения | $x$ | |
| Исходный производящий червяк | – | |
| Степень точности СТ СЭВ ... | – | |
| Межосевое расстояние | $a_w$ | |
| Делительный диаметр | $d_2$ | |
| Вид сопряженного червяка | – | |
| Число витков сопряженного червяка | $z_1$ | |

Для центра выточки

2 фаски

Вид А

Для зубьев

1. Данные для контроля зубьев по нормам точности по ...
2. Твердость НВ ...
3. Твердость зубьев HRC ...
4. Покрытие ...
5. Неуказанные предельные отклонения размеров: охватывающих по ..., охватываемых по ..., остальных по ...

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ... XXXXXX ... | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | | | | Колесо червячное | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов | |
| Н. контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

Рис. 2

Зубчатые колеса

Лист 27

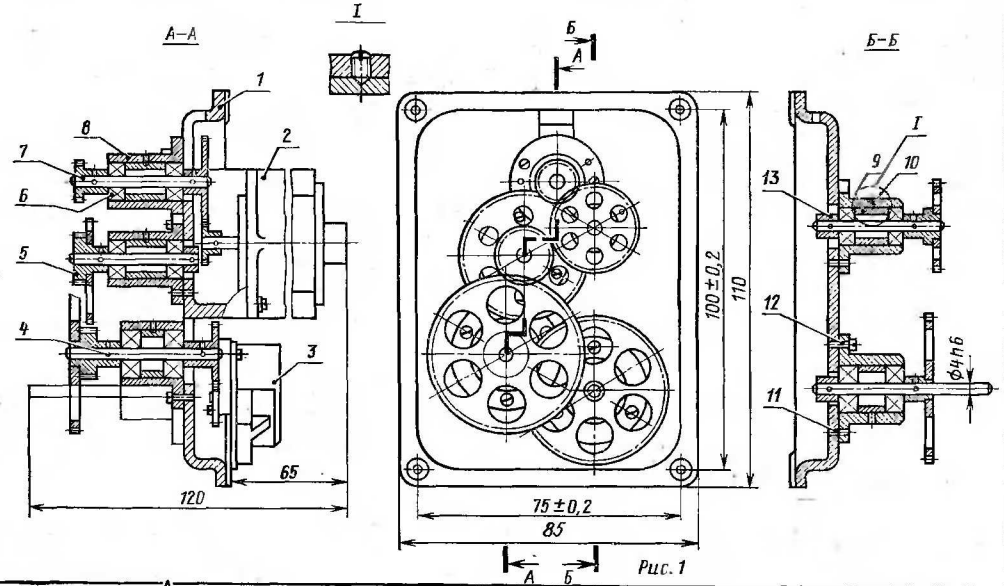



Рис. 1

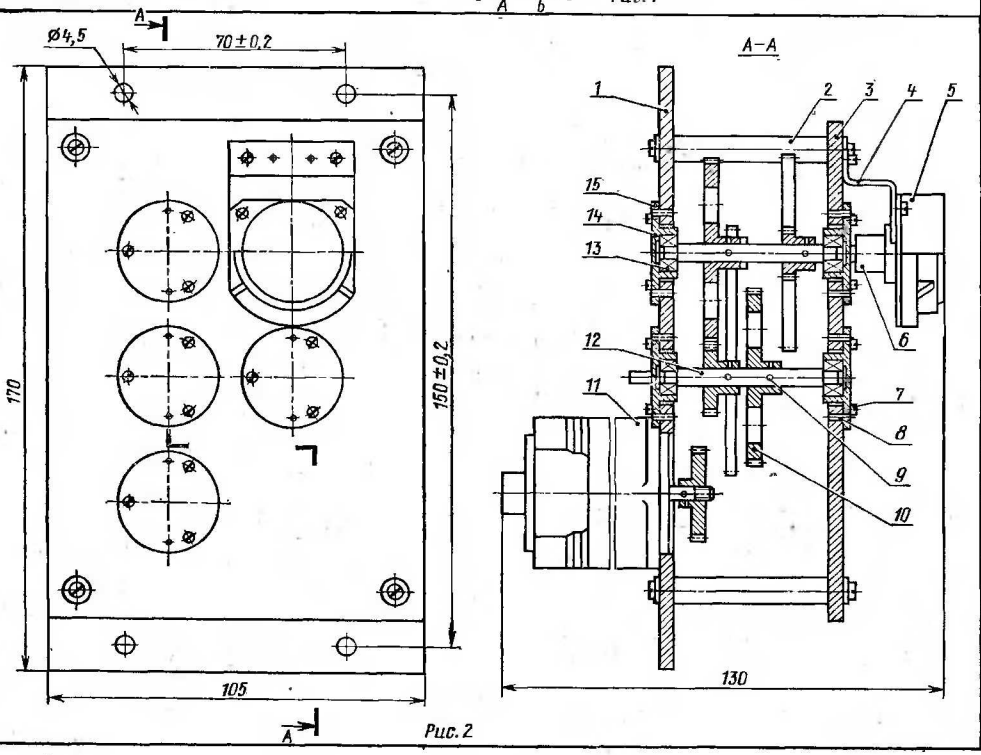
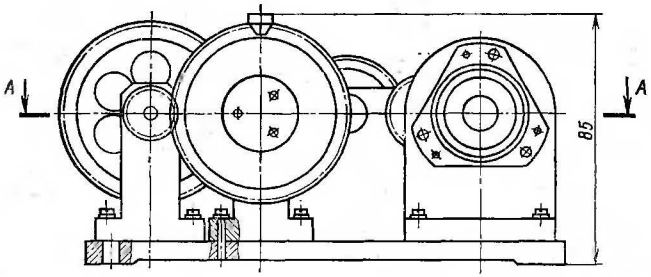



Рис. 2



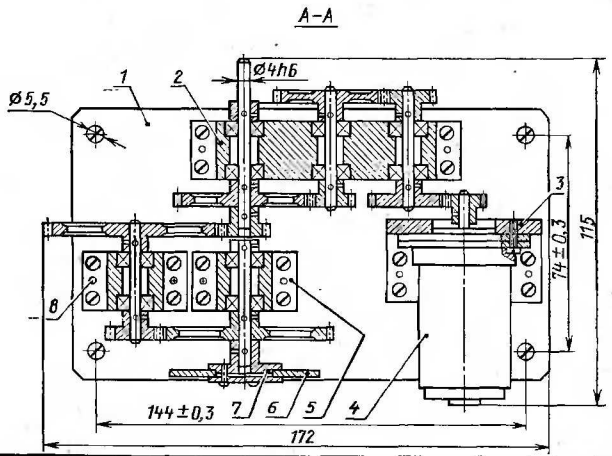




Рис. 3

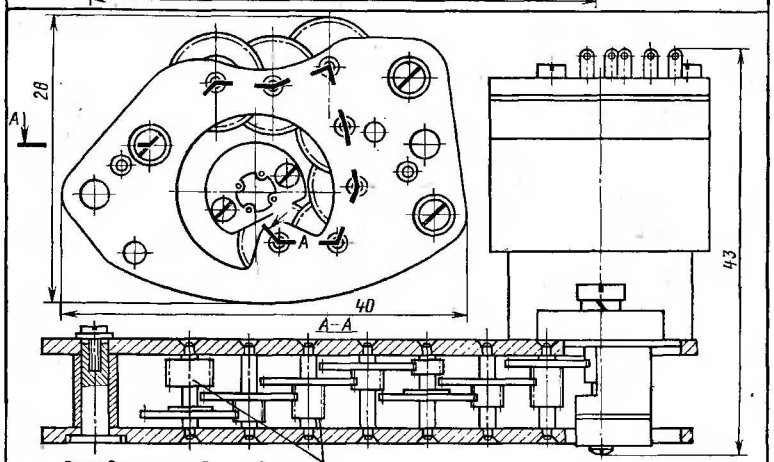



Рис. 4

| Редукторы с цилиндрическими колесами | Лист 28 |
|---|---|

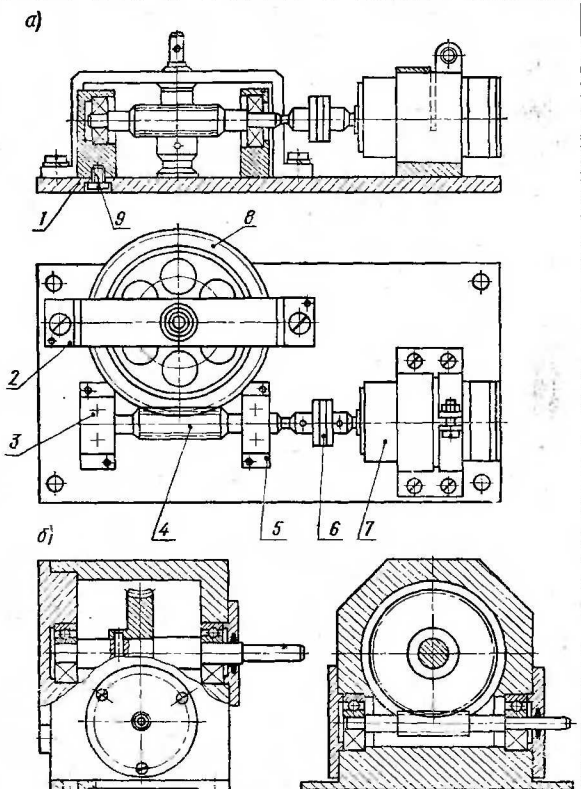
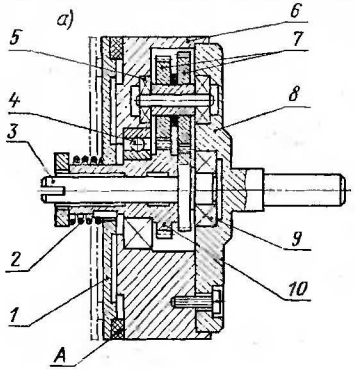



Рис. 1



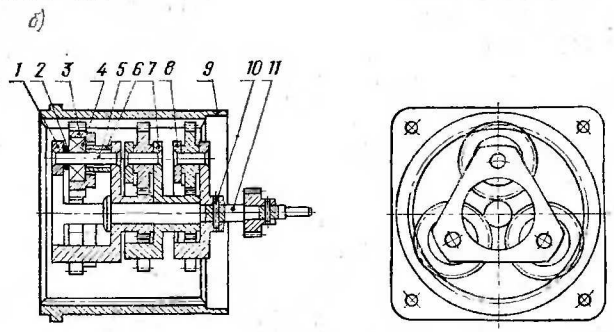
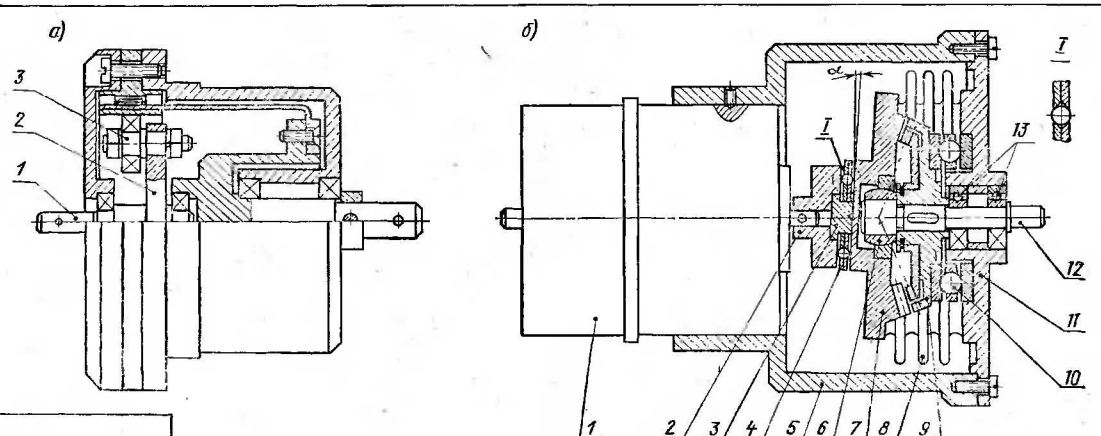




Рис. 2



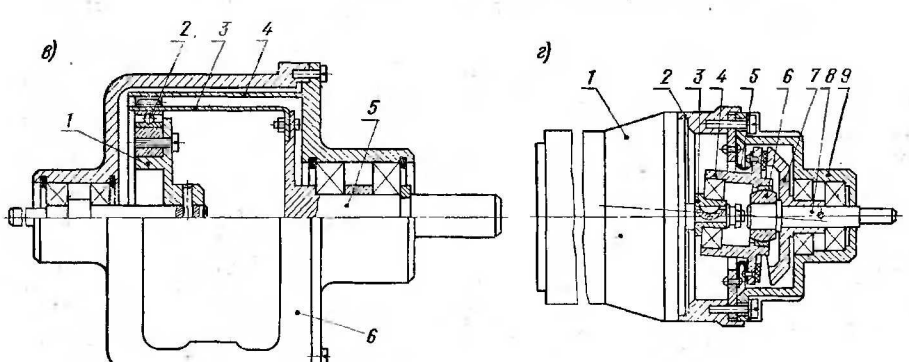




Рис. 3

Редукторы

Лист 29

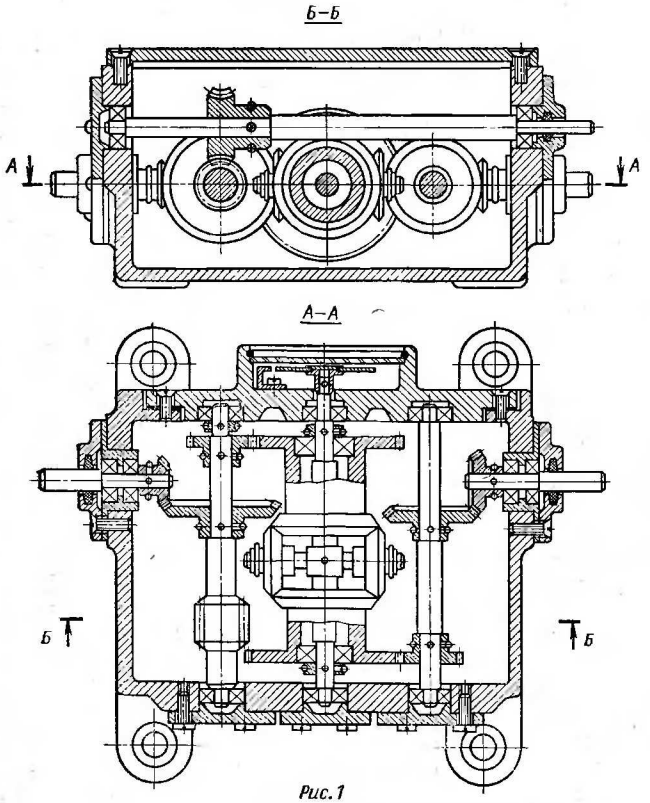



Рис. 1

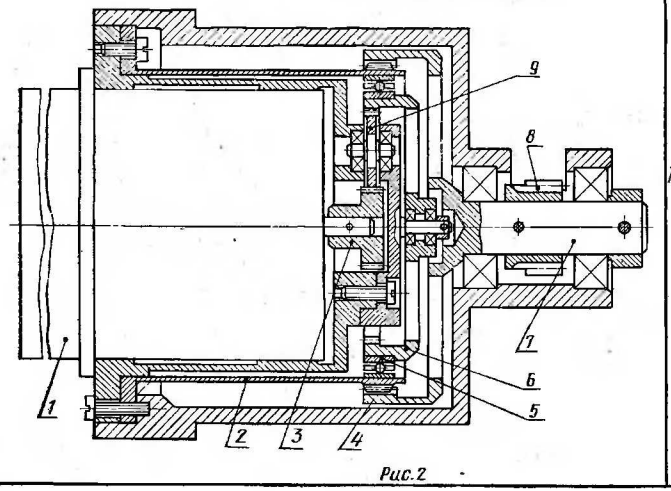



Рис. 2

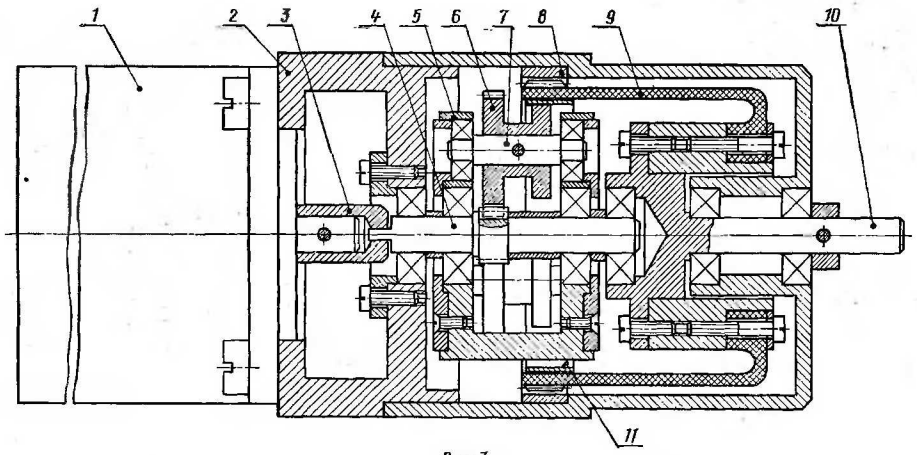
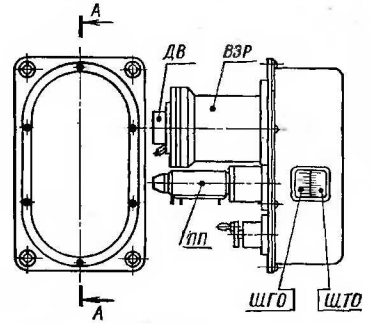
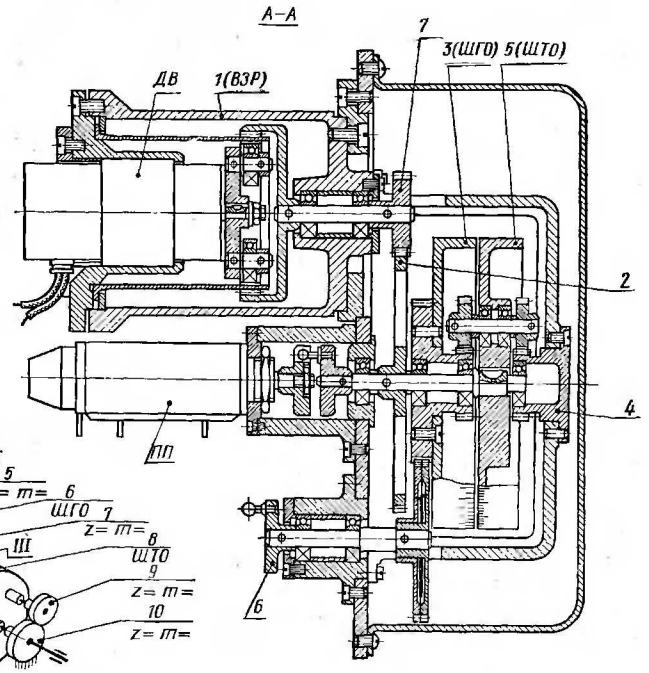



Рис. 3



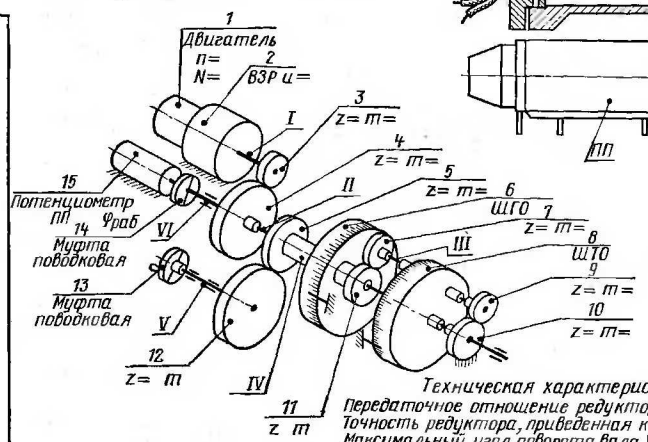




Рис. 4

Техническая характеристика

Передаточное отношение редуктора u=...

Точность редуктора, приведенная к валу... Δφ=... угл. мин.

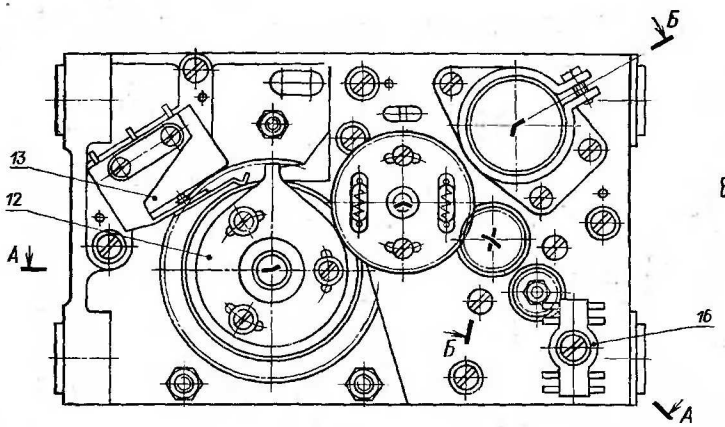
Максимальный угол поворота вала V φ=... рад.

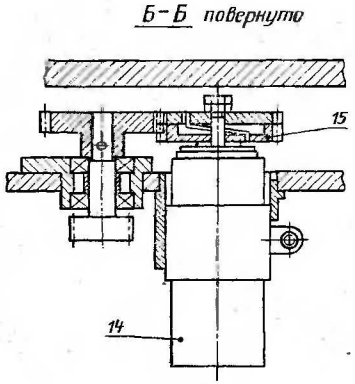
Цена деления шкал: ШТО=...о,е; ШГО=... о,е.

Максимальный передаваемый момент

$M_{вых}$ =... Н·мм.

| Механизмы приводов приборных устройств | Лист 30 |
|---|---|



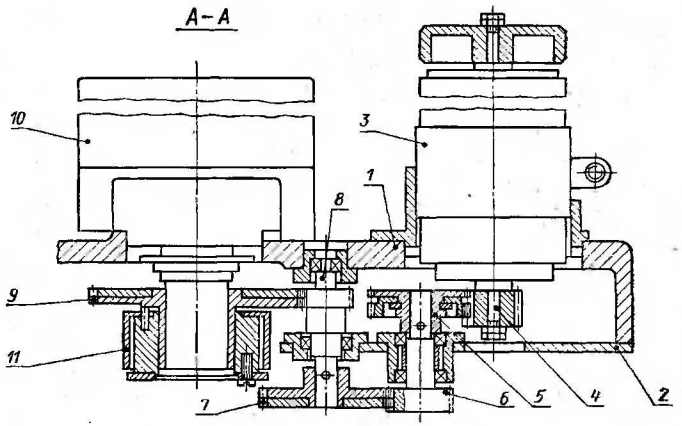
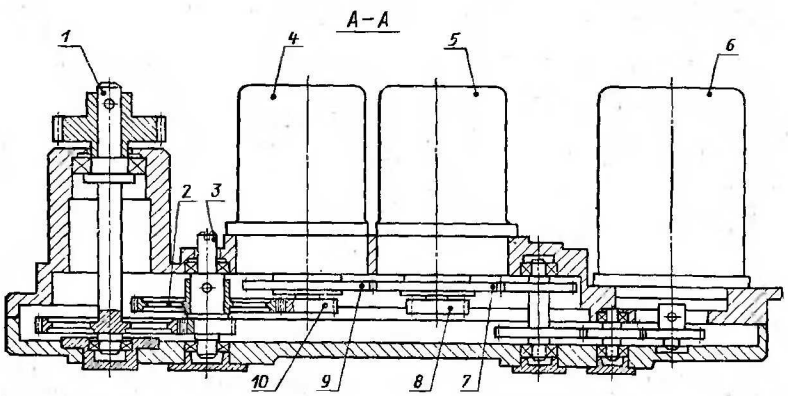




Рис. 1



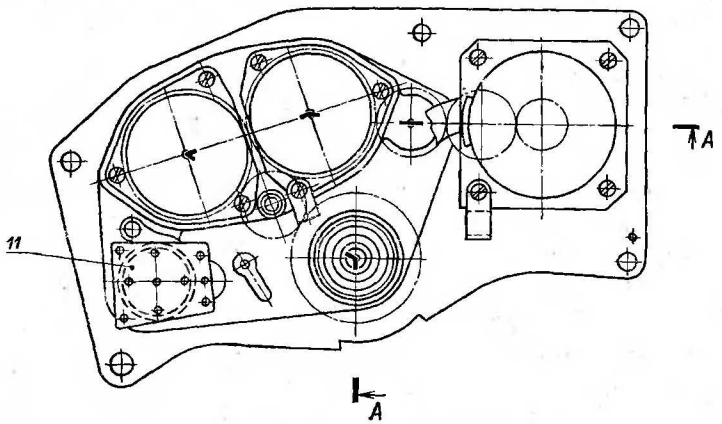
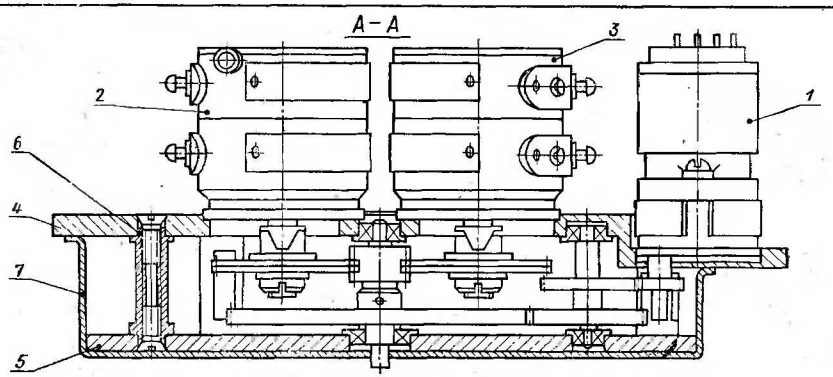




Рис. 2



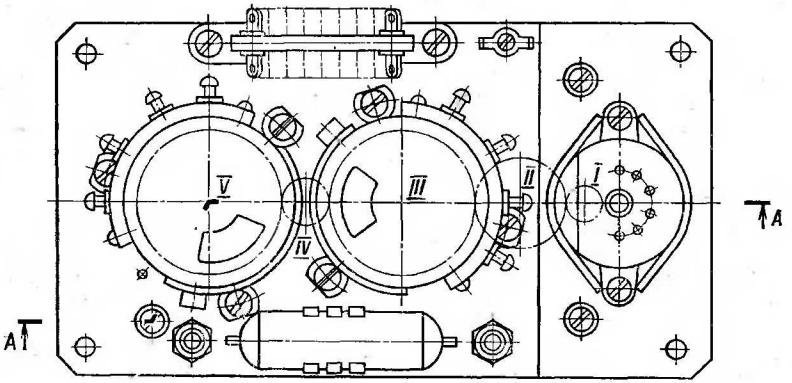
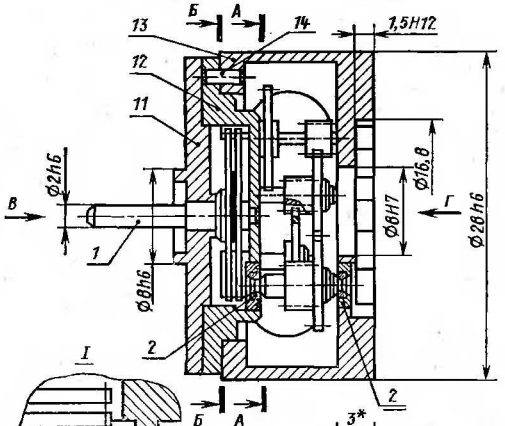
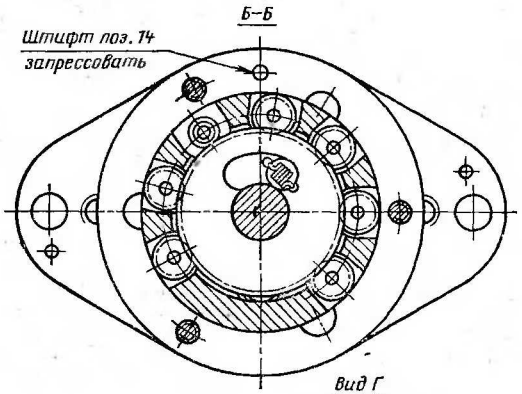
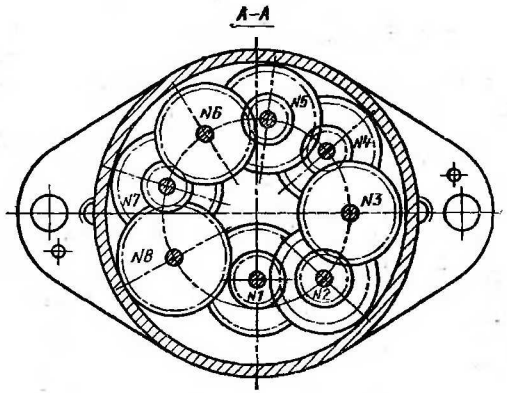



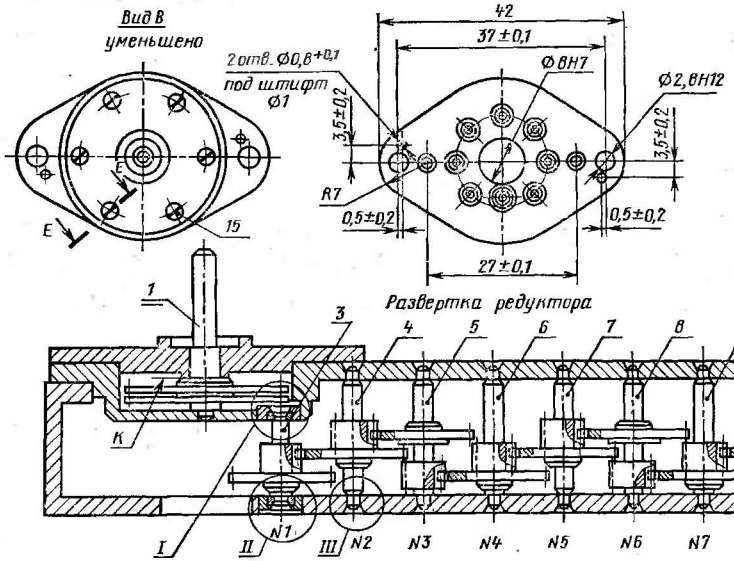

Рис. 3

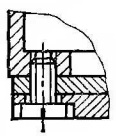
| Редукторы | Лист 31 |
|---|---|




| Передаточное отношение редуктора | Номер позиции узла (трибка–шестерня) 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Напряжение трогания не больше (В) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Число зубьев трибки / Число зубьев шестерни | | | | | | | | |
| 31,3 | 14/45 | | | | | | | | 0,5 |
| 62,5 | 20/45 | 14/40 | | | | | | | 0,5 |
| 94 | 15/45 | 14/45 | | | | | | | 0,5 |
| 125 | 20/45 | 10/40 | 14/40 | | | | | | 0,5 |
| 187,5 | 20/45 | 15/40 | 14/45 | | | | | | 0,5 |
| 281,5 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | | | | | 0,5 |
| 375 | 20/45 | 20/40 | 15/40 | 14/45 | | | | | 0,5 |
| 562 | 20/45 | 15/40 | 15/45 | 14/45 | | | | | 0,5 |
| 845 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | | | | 0,5 |
| 1125 | 20/45 | 20/40 | 15/40 | 15/45 | 14/45 | | | | 0,6 |
| 1690 | 20/45 | 15/40 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | | | | 0,6 |
| 2540 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | | | 0,6 |
| 3380 | 20/45 | 20/40 | 15/40 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | | 0,6 |
| 5050 | 20/45 | 15/40 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | | 0,6 |
| 7600 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | | 0,6 |
| 10100 | 20/45 | 20/40 | 15/40 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | 0,6 |
| 15200 | 20/45 | 15/40 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | 0,6 |
| 22800 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 15/45 | 14/45 | | 0,6 |
| 33077 | 12/50 | 12/48 | 12/48 | 12/48 | 15/48 | 15/45 | 14/45 | | 0,6 |

1. Винты поз. 15 поставлены в качестве заглушек, при необходимости разрешается их удалить.
2. Перед сборкой редуктора тщательно очистить отверстия в корпусе поз. 13, крышке поз. 11 и плате поз. 12 от стружки, все детали промыть в авиационном бензине, просушить сухим сжатым воздухом.
3. Трибку с шестерней поз. 3 подобрать по размеру цапфы Ø0,8 к камням с зазором 0,02...0,04 мм.
4. Осевой люфт выходного валика поз. 1 должен быть 0,04...0,14 мм, допускается притирка в детали поз. 11, торца К.
5. Оси трибок шестерен смазать маслом ОКб-122-4 по одной капле со стержня Ø0,5 по специнструкции.
6. При установке в редуктор узла поз. 1 шестерни узла повернуть относительно друг друга на 8...10° от их взаимного положения при свободном состоянии пружины.
7. Редуктор должен поворачиваться без затираний. Проверять по напряжению трогания эталонного двигателя ДИД-0,5. Величина напряжений трогания согласно таблице.
8. Все винты контрить нитроклеем АК-20 по специнструкции.
9. Редуктор прикатать по специнструкции.
10. Все передаточные числа, и*в таблице подсчитаны с учетом трибки z=18 двигателя.
11. *Размеры для справок

| Универсальный редуктор | Лист 32 |
|---|---|

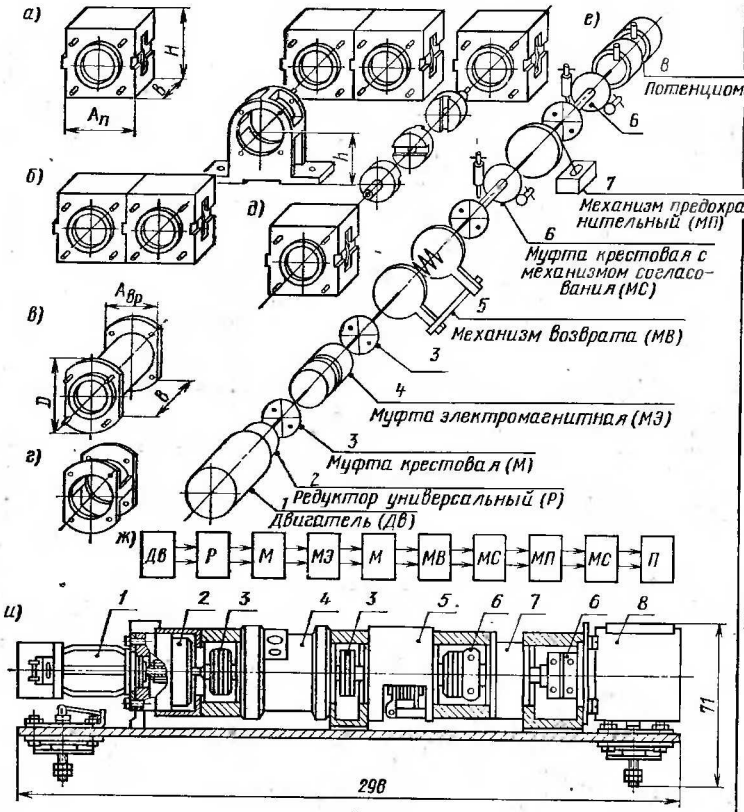
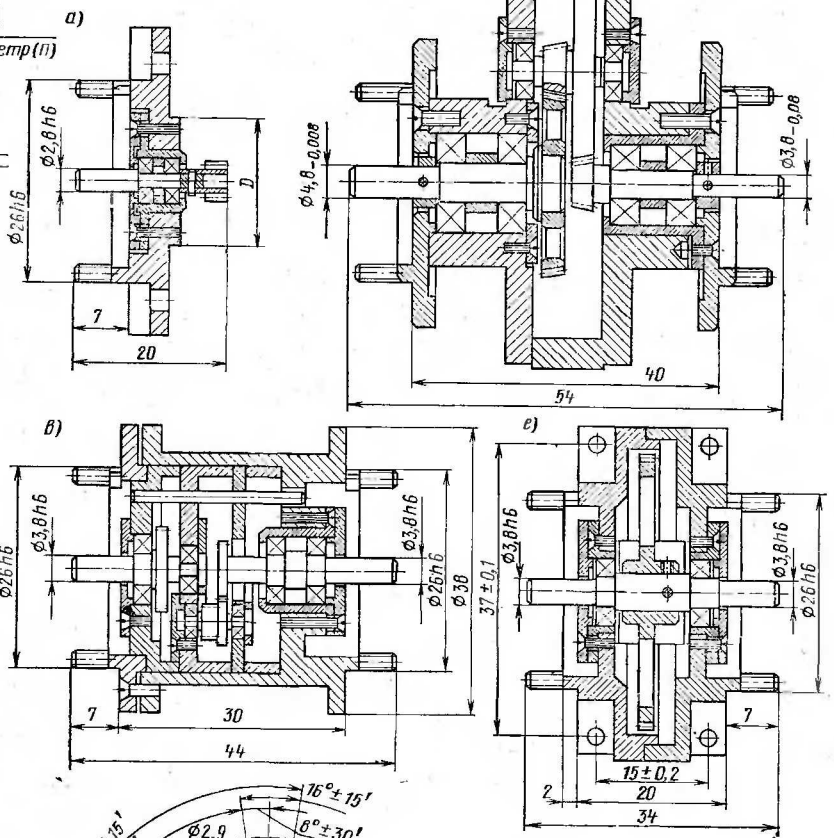



Рис 1



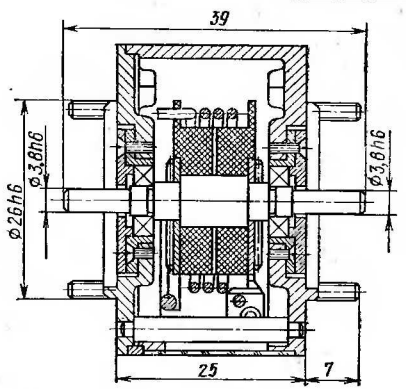
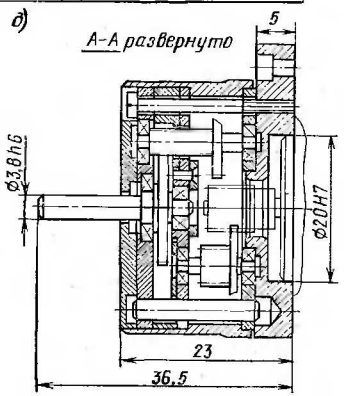
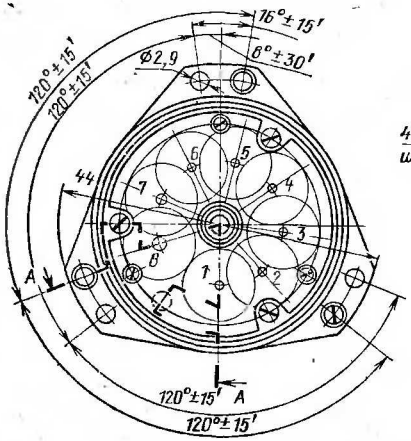




Рис.2



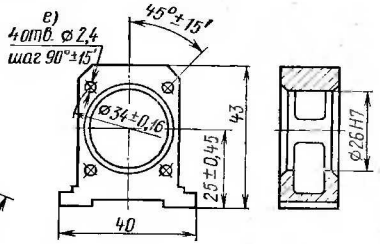




Рис.3

| Электромеханические модули | Лист 33 |
|---|---|

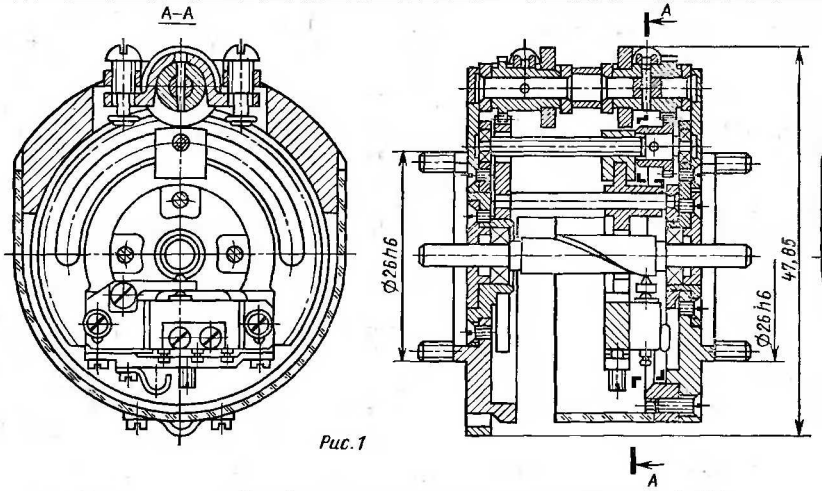



Рис. 1

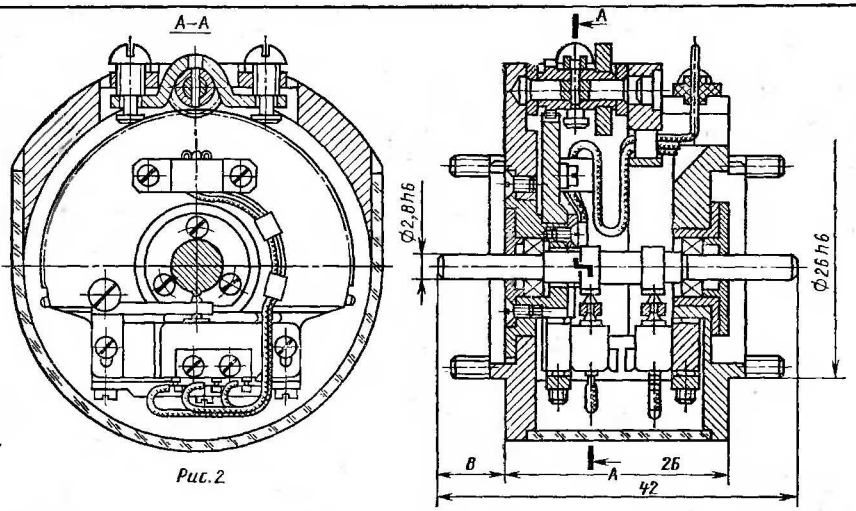



Рис. 2

Основные технические характеристики ЭлММ

| Тип механизма | Параметры | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Максимальный передаваемый момент, Н·см | Модуль зубчатых колес, мм | Статический момент трогания, Н·см | Максимальный мертвый ход | Масса, г |
| Цилиндрическое зубчатое колесо (z=72; z=88) | 4,9 | 0,5 | $19,6 \cdot 10^{-3}$ | 35′ | 105 |
| Цилиндрическое зубчатое колесо зазоровыбирающее (z=72; z=00) | 4,9 | 0,5 | $19,6 \cdot 10^{-3}$ | 4′ | 105 |
| Редуктор универсальный для ДИД-1 и ДГ-1 (u=19, 8-98014, 618) | 4,9 | 0,3 | $9,81 \cdot 10^{-3}$ | 50′ | 76 |
| Редуктор зазоровыбирающий | 9,81 | 0,3 | $49 \cdot 10^{-3}$ | 15′ | 210 |
| Мультипликатор (u=2, 454 –15,6) | 4,9 | 0,3 | $19,6 \cdot 10^{-3}$ | 10°15′ | 48 |
| Приставка (z=17) | 4,9 | 0,3 | $4,9 \cdot 10^{-3}$ | – | 21 |
| Дифференциал цилиндрический (z=72; z=88) | 4,9 | 0,5 | $19,6 \cdot 10^{-3}$ | 1°40′ | 159 |
| Механизм возврата | 2,94 | – | 1,177 | – | 49 |
| Механизм предохранительный | 4,9 | – | 0,833 | – | 50 |
| Механизм программный | 4,9 | – | 0,833 | – | 95 |
| Механизм согласования | 4,9 | – | 1,716 | – | 80 |

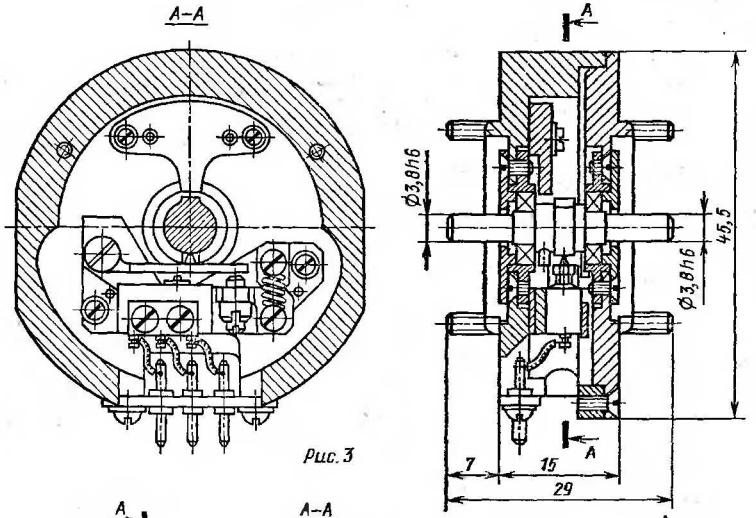



Рис. 3

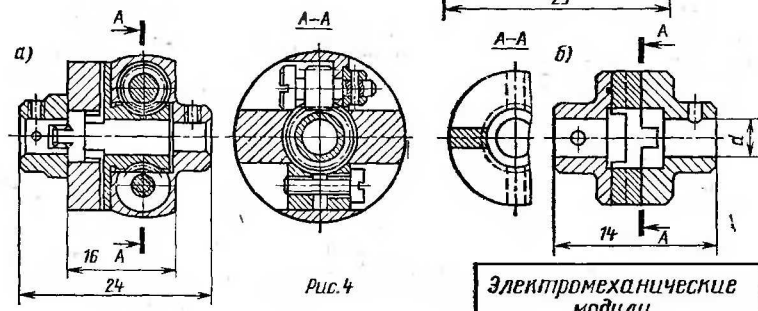



Рис. 4

Электромеханические модули

Лист 34

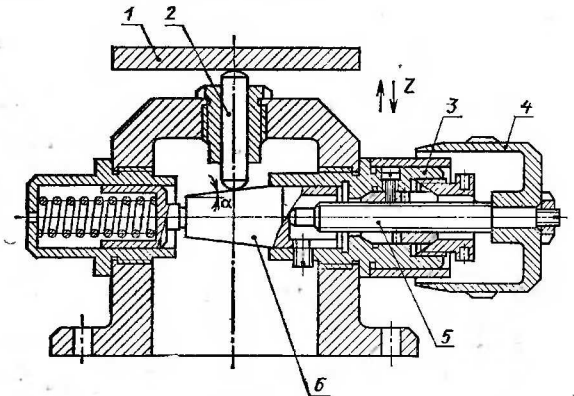



Рис.1

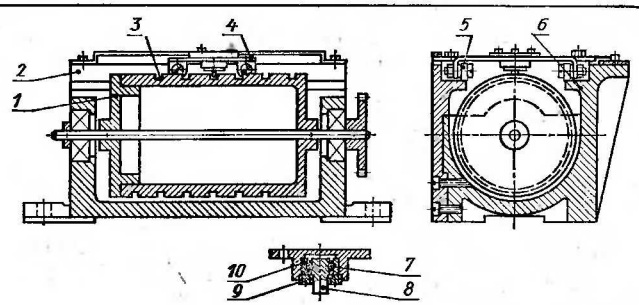



Рис.2

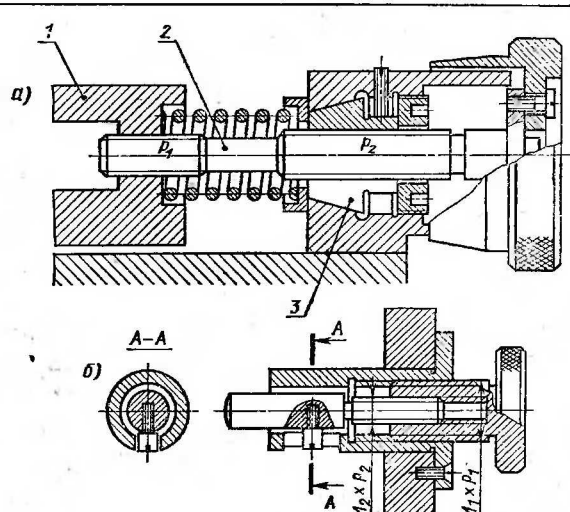



Рис.3

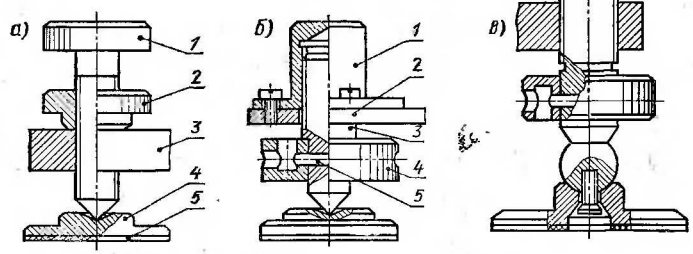



Рис.4

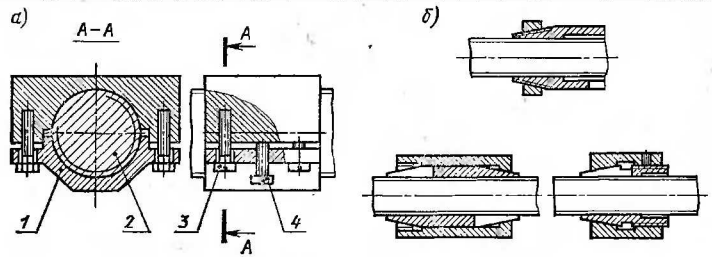



Рис.6

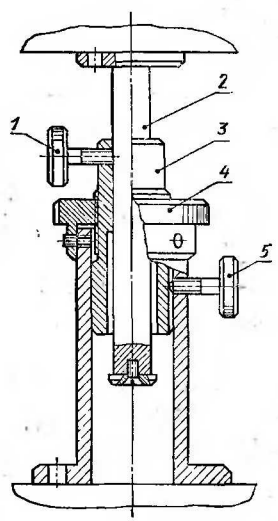
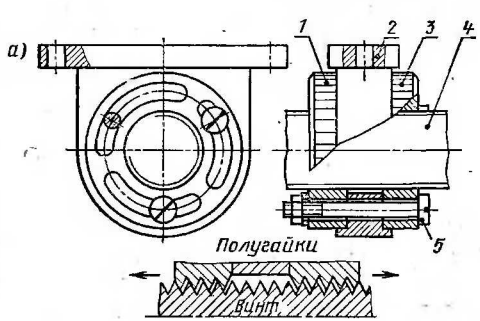
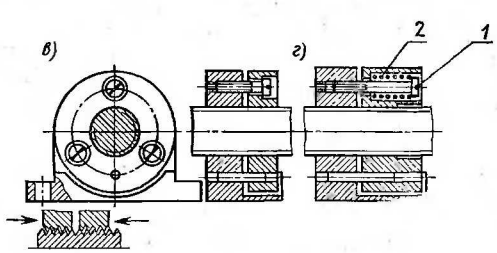



Рис.5



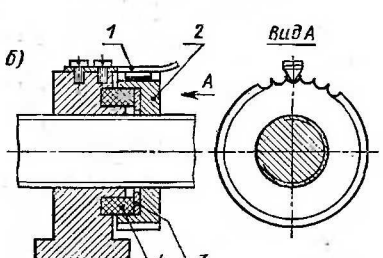




Рис.7

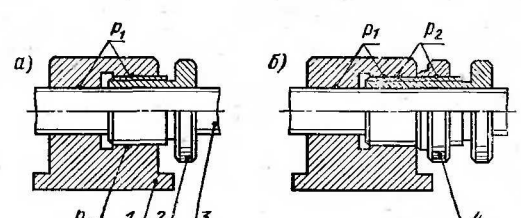



Рис.8

Винтовые механизмы | Лист 35

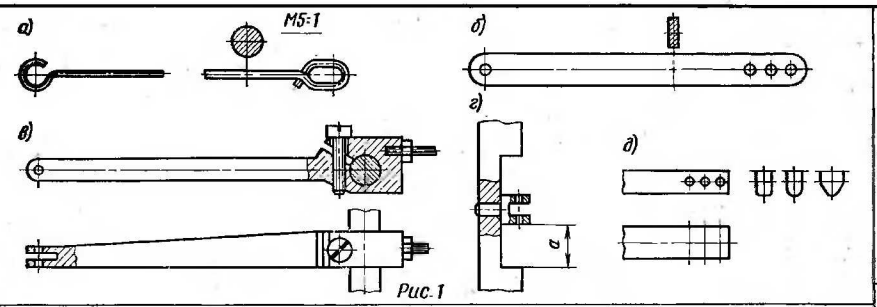


Рис. 1

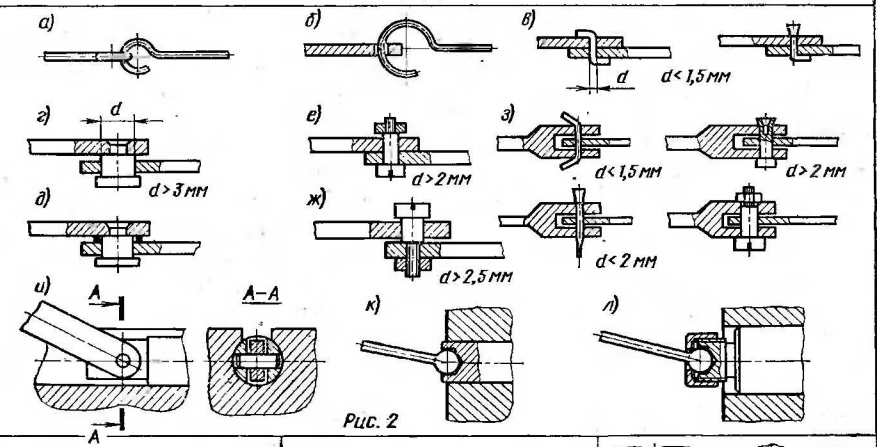


Рис. 2

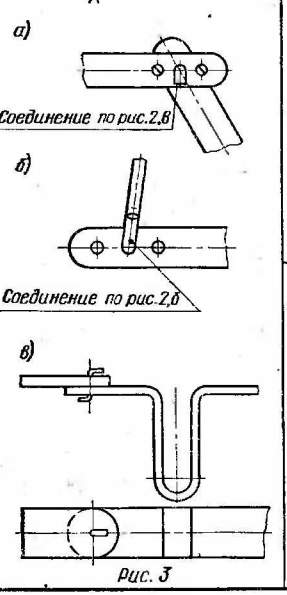


Рис. 3

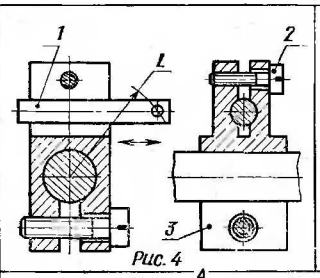


Рис. 4

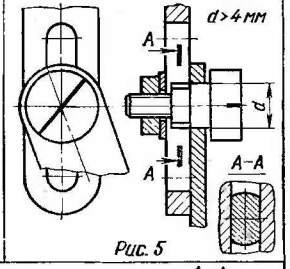


Рис. 5

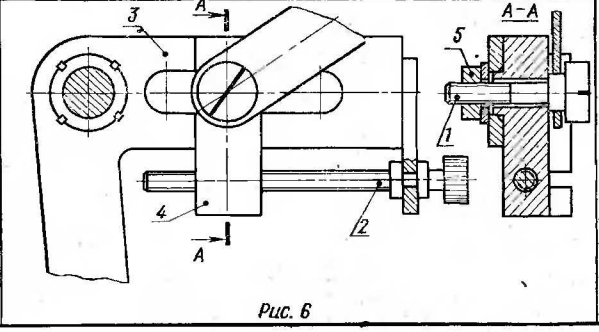


Рис. 6

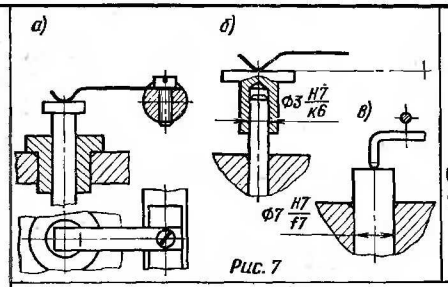


Рис. 7

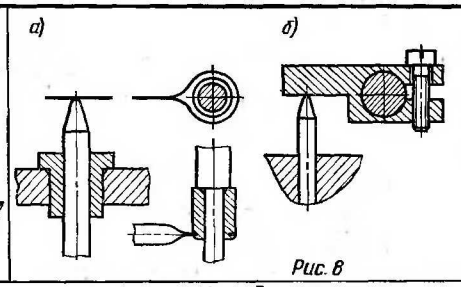


Рис. 8

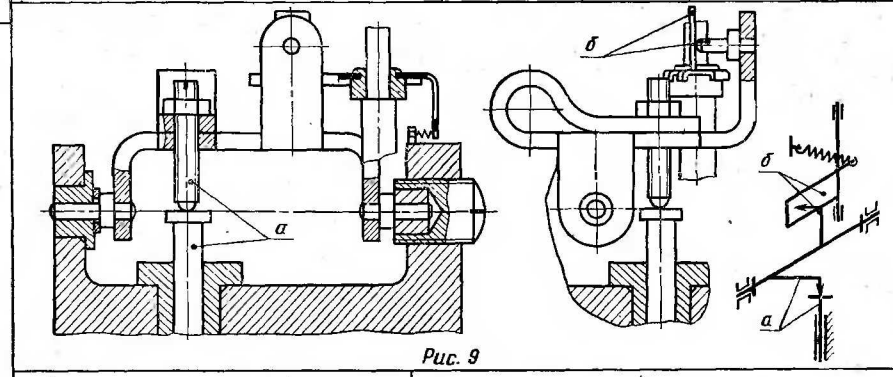


Рис. 9

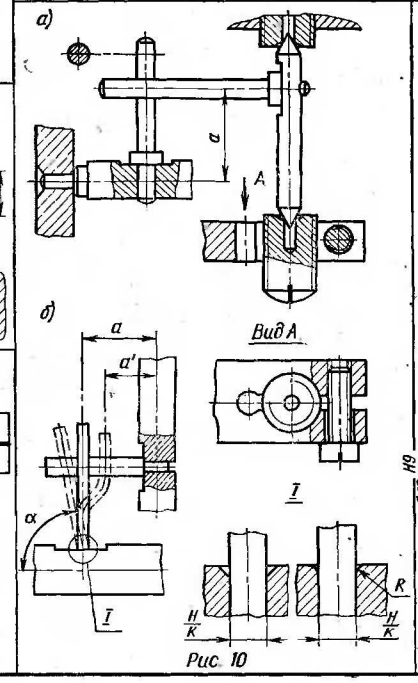


Рис. 10

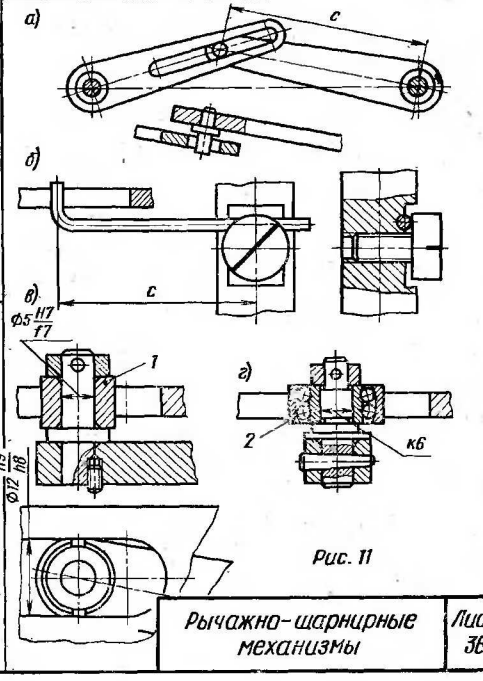


Рис. 11

Рычажно-шарнирные механизмы

Лист 36

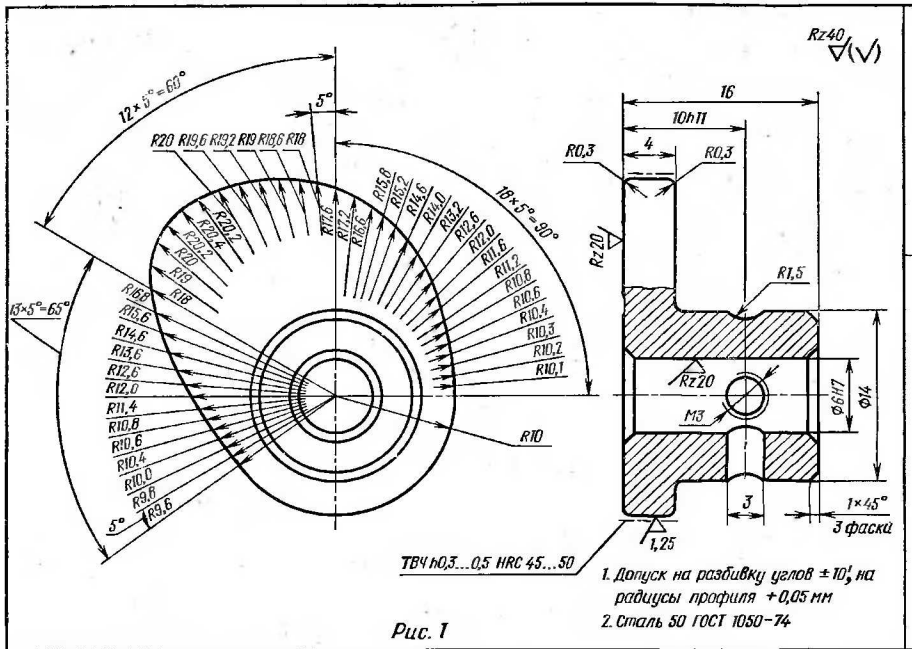



Рис. 1

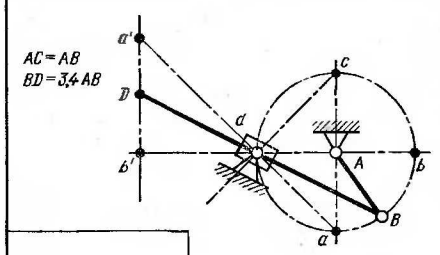



Рис. 3

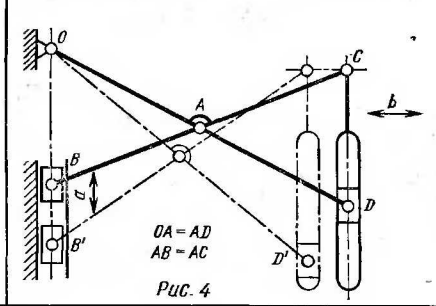



Рис. 4

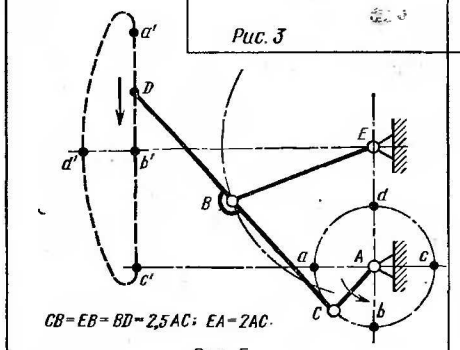



Рис. 5

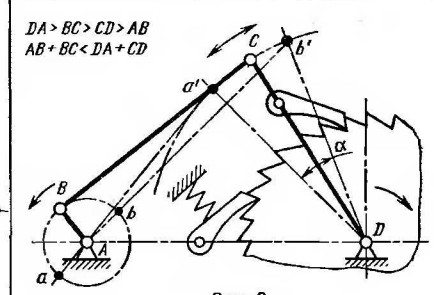



Рис. 6

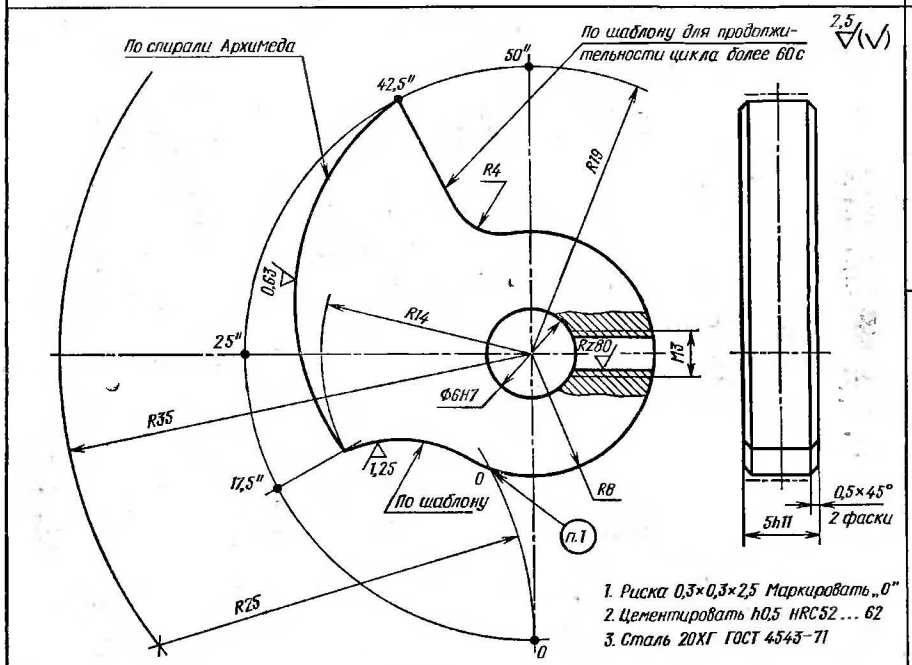



Рис. 2

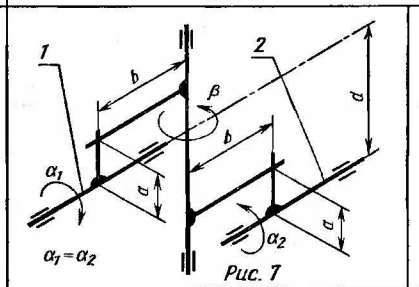



Рис. 7

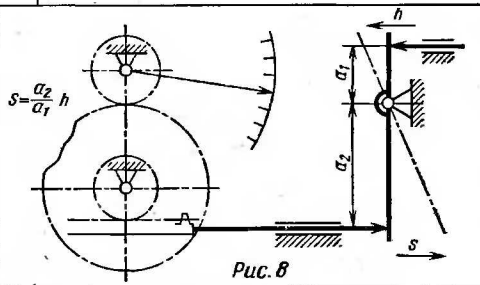



Рис. 8

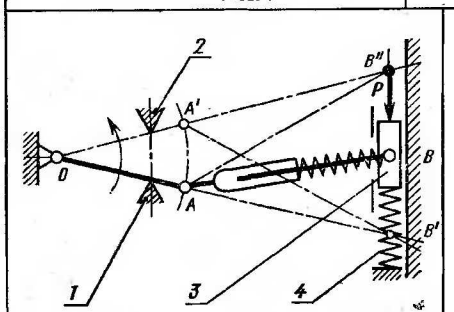



Рис. 9

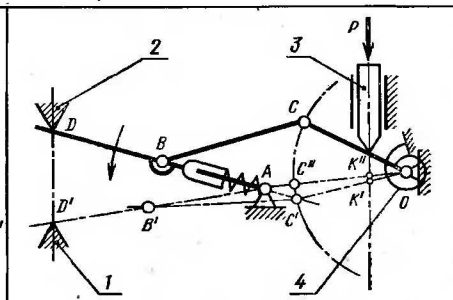



Рис. 10

Кулачковые и рычажно-шарнирные механизмы

Лист 37

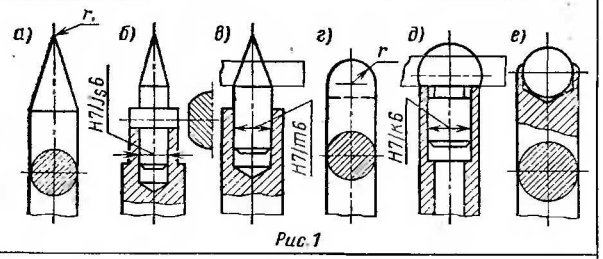



Рис. 1

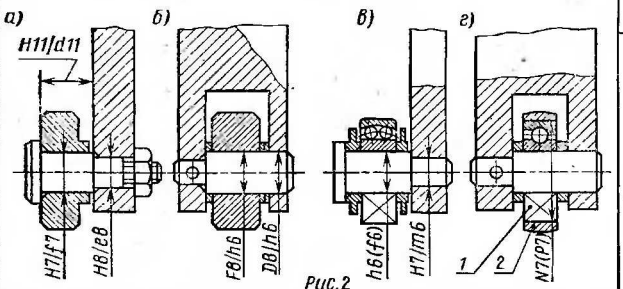



Рис. 2

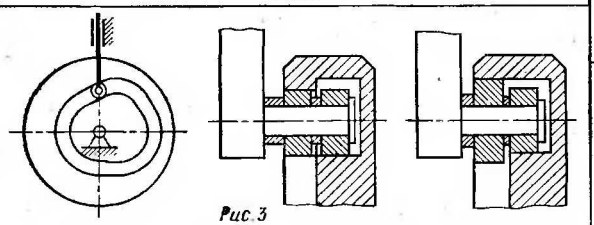


Рис. 3

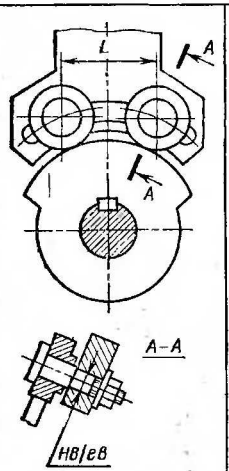



Рис. 4

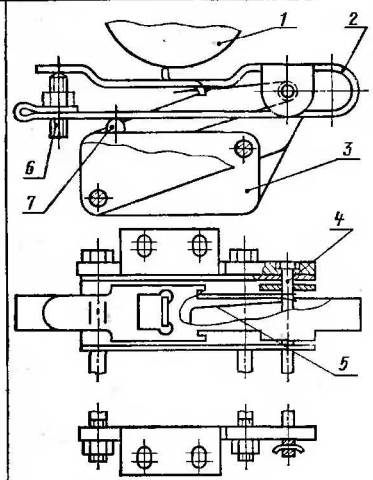



Рис. 5

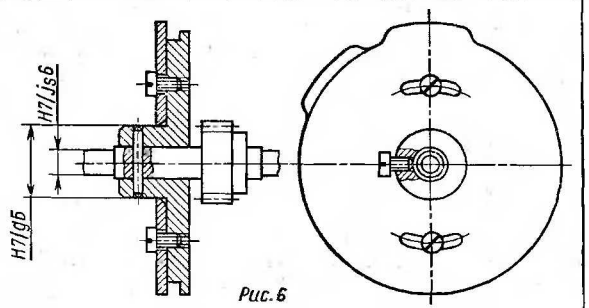



Рис. 6

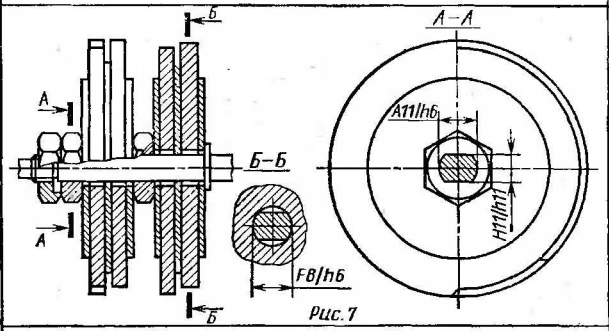



Рис. 7

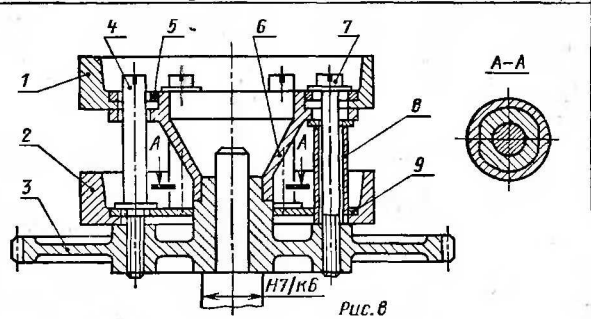



Рис. 8

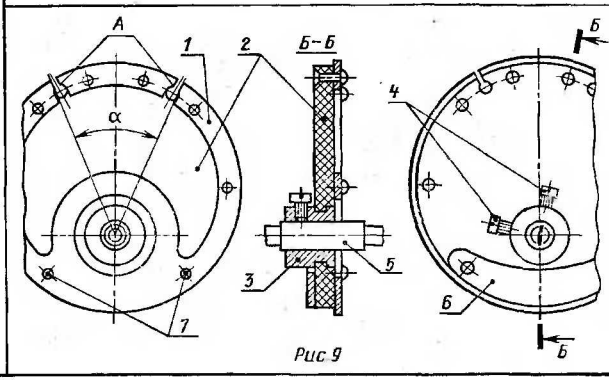



Рис. 9

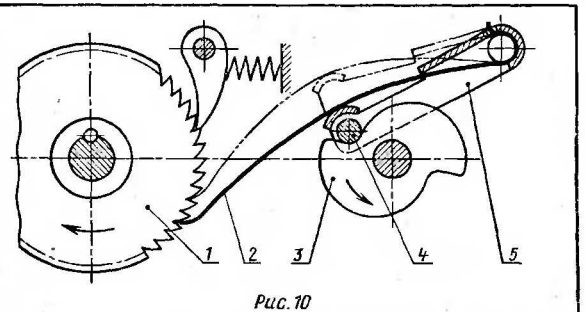



Рис. 10

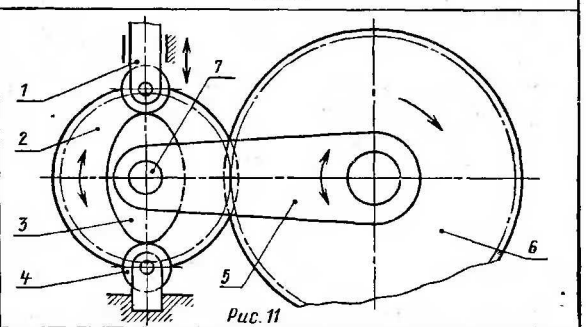



Рис. 11

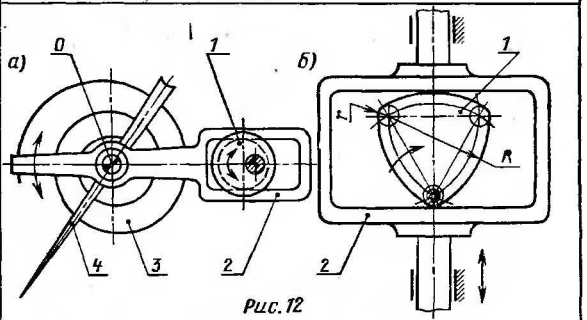



Рис. 12

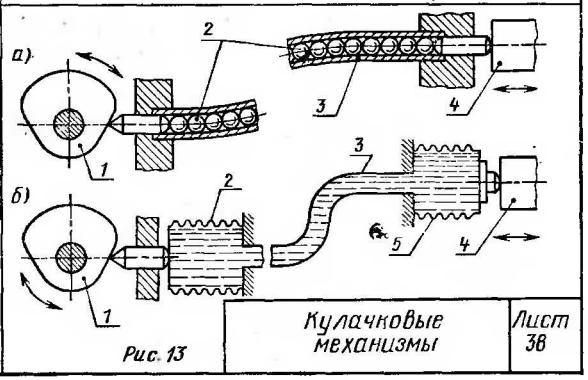



Рис. 13

Кулачковые механизмы

Лист 38

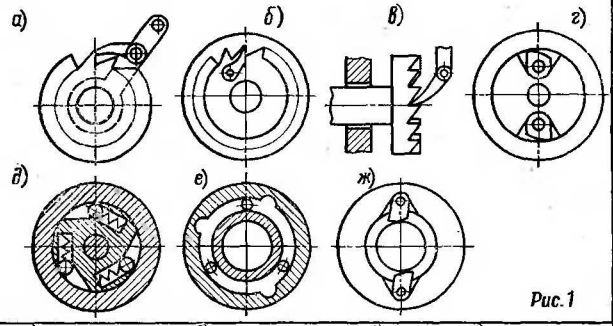



Рис.1

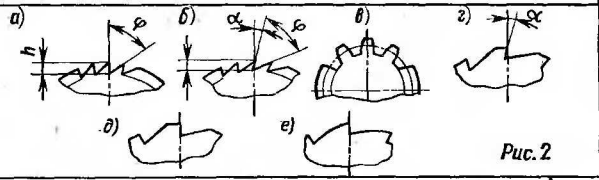



Рис.2

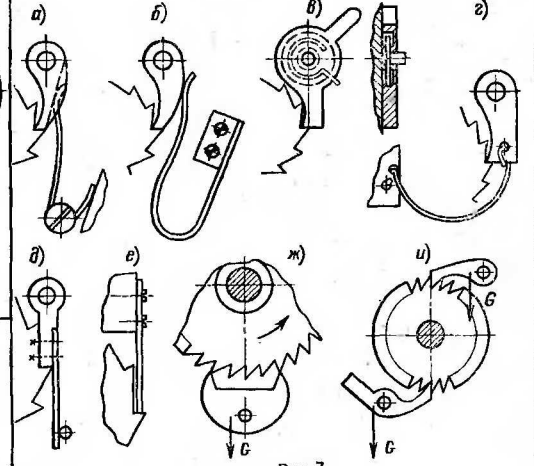



Рис.3

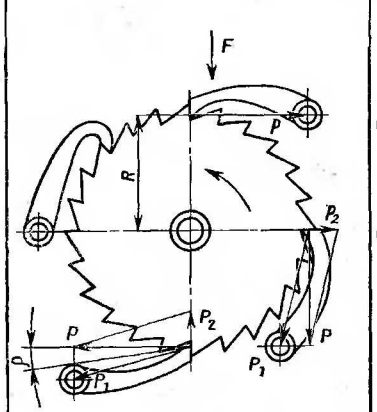



Рис.4

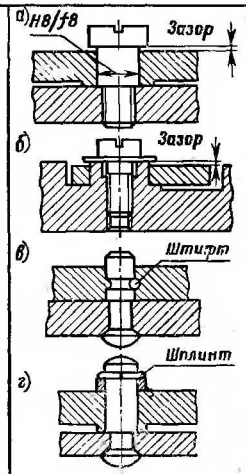



Рис.5

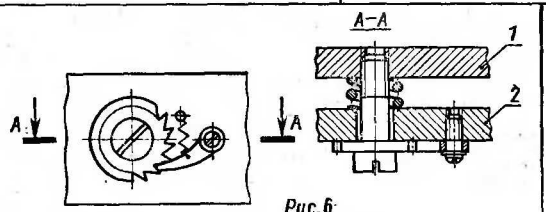



Рис.6

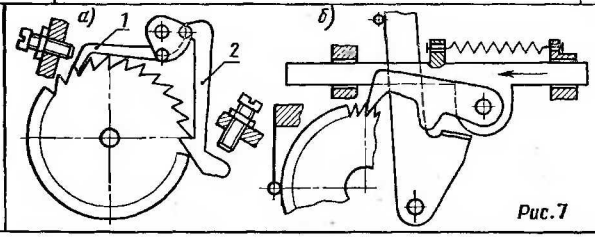
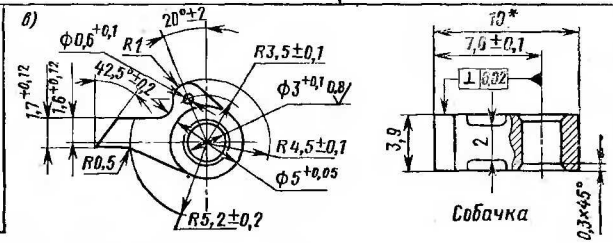
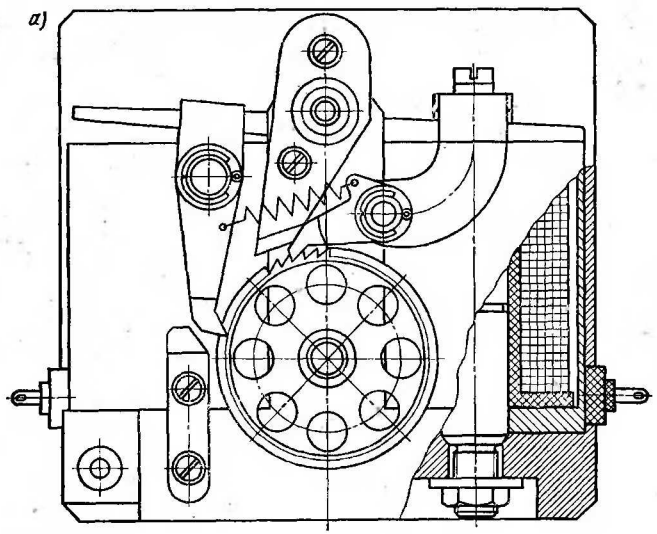



Рис.7



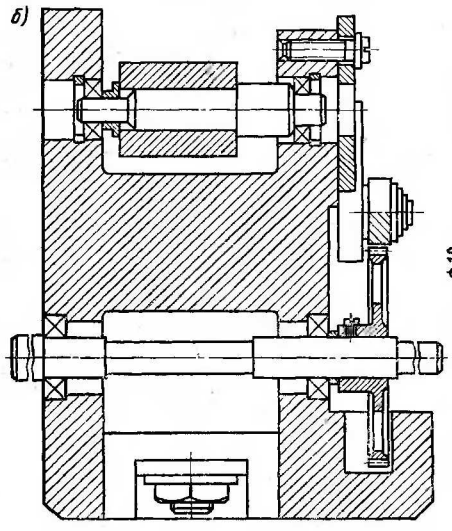
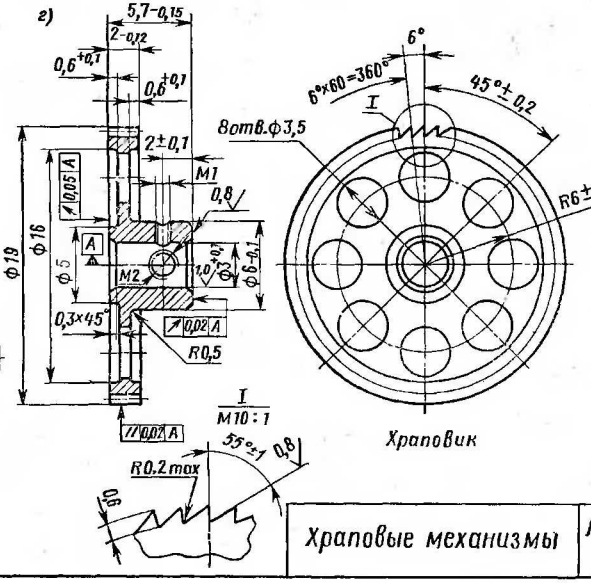




Рис.8




Храповые механизмы

Лист 39

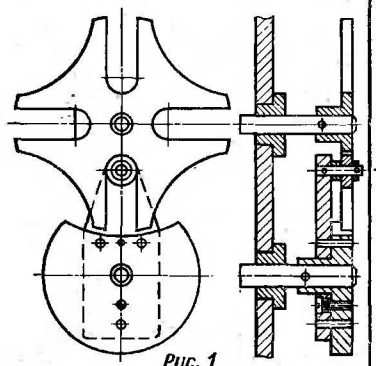
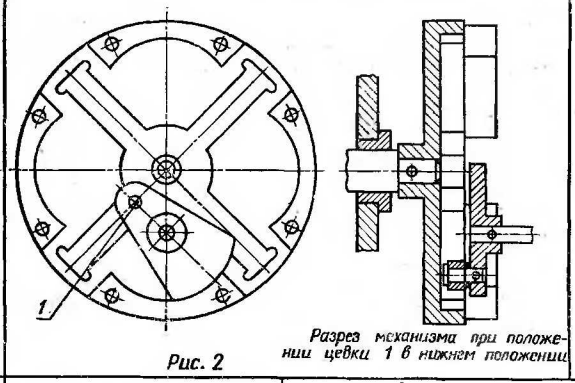


Рис. 1




Разрез механизма при положении цевки 1 в нижнем положении

Рис. 2

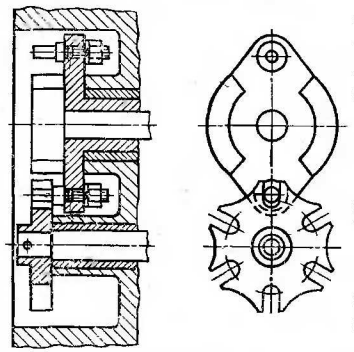


Рис. 3

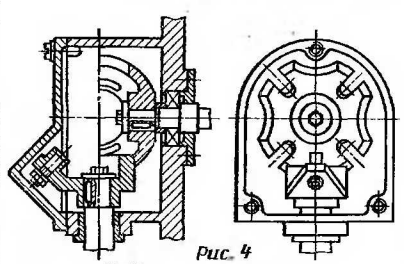


Рис. 4

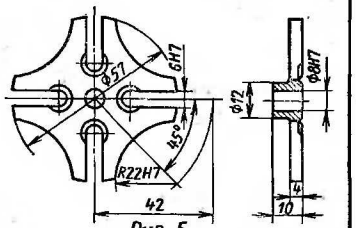



Рис. 5

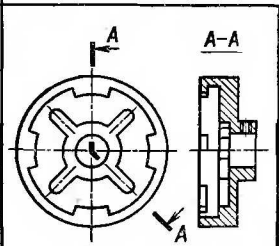



Рис. 6

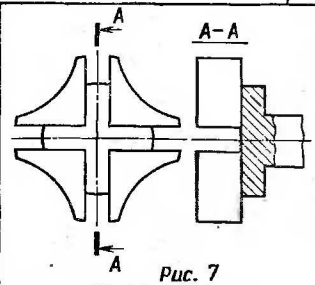



Рис. 7

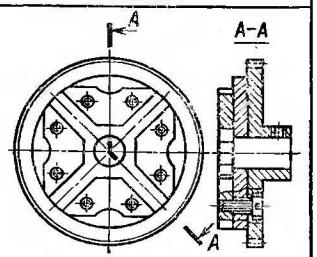



Рис. 8

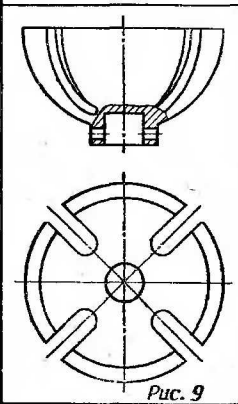


Рис. 9

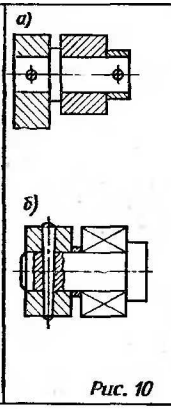



Рис. 10

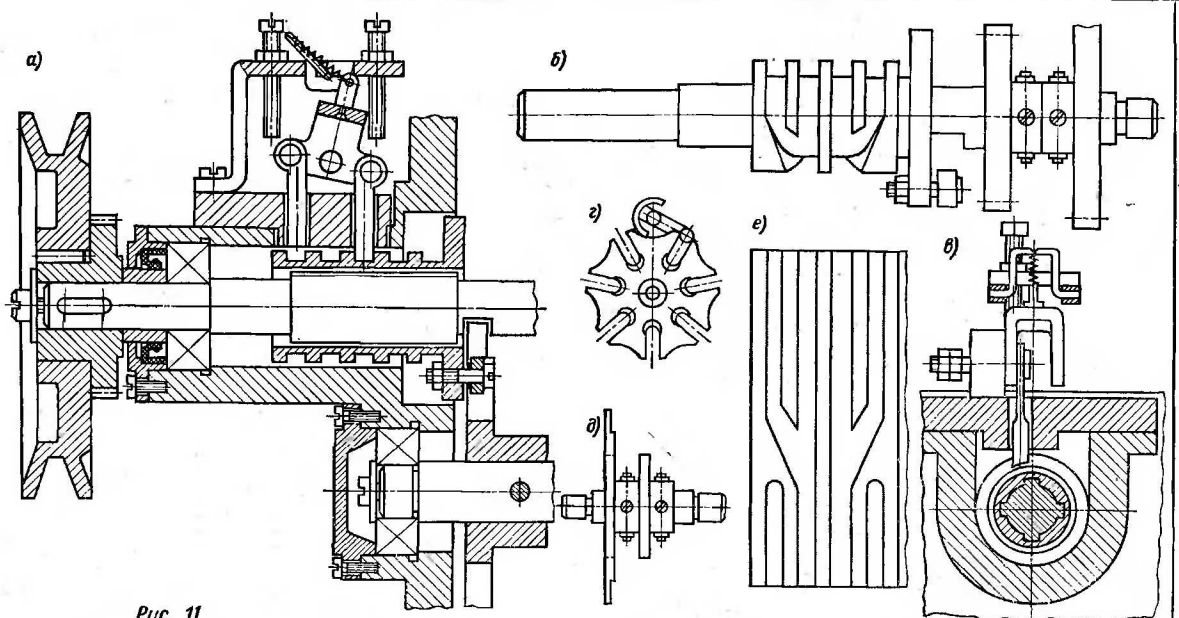



Рис. 11

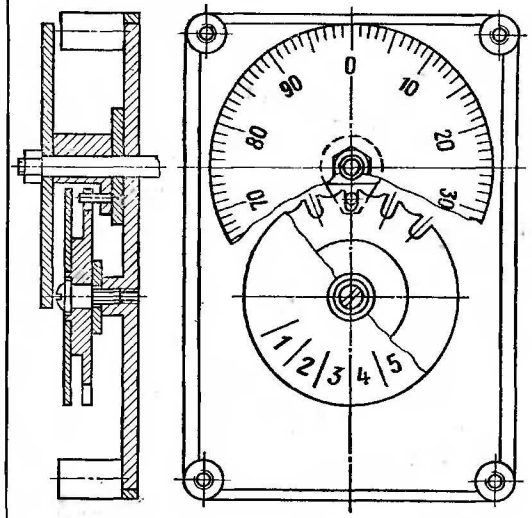



Рис. 12

Мальтийские механизмы

Лист 40

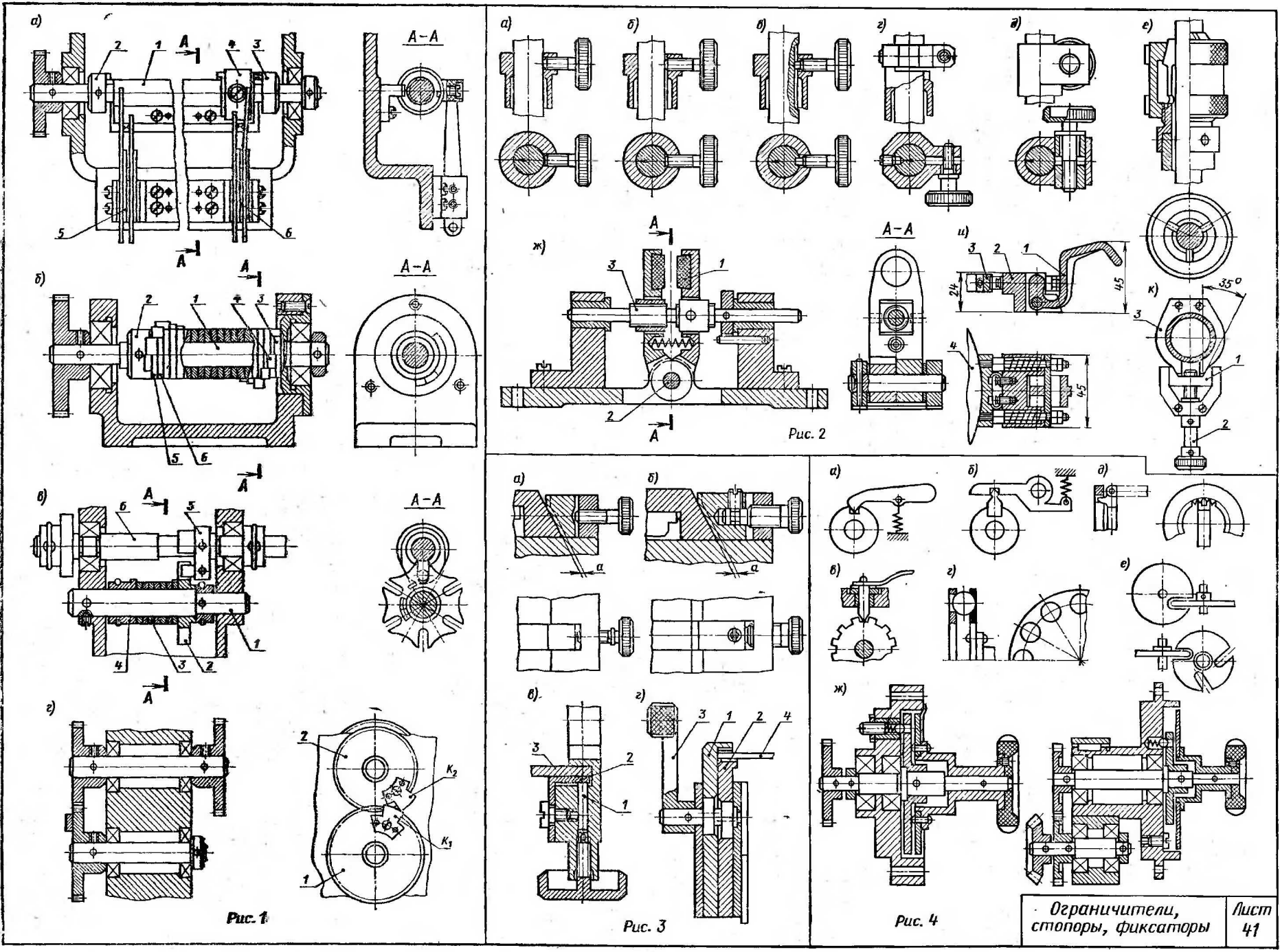



Рис. 1




Рис. 2




Рис. 3

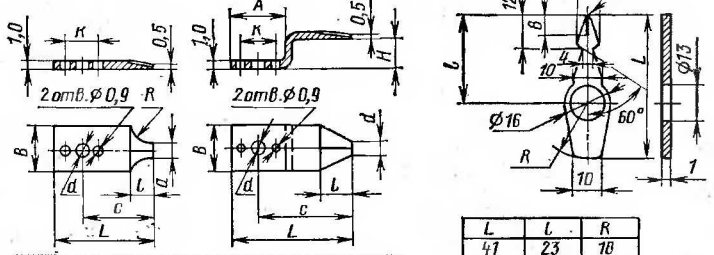



Рис. 4

Ограничители, стопоры, фиксаторы

Лист 41

а)




| L | B | c | K | l | a | R | A | d |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 6 | 14 | 6 | 4 | 2 | 4 | — | 2,2 |
| 24 | | 19 | | 9 | | 6 | 10 | |
| 22,5 | | 17,5 | 12 | 6 | | — | 20 | 3,2 |
| 34 | | 24 | | 12 | | | | |

| L | l | R |
|---|---|---|
| 41 | 23 | 18 |
| 49 | 30 | 19 |
| 69 | 45 | 24 |

Высоту H выбирают конструктивно

б)

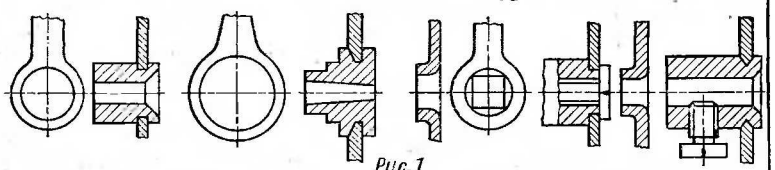
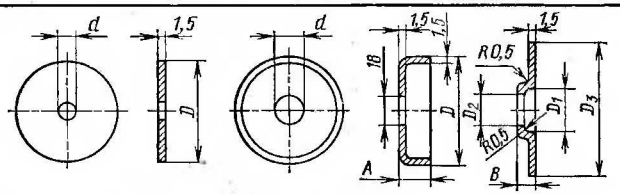


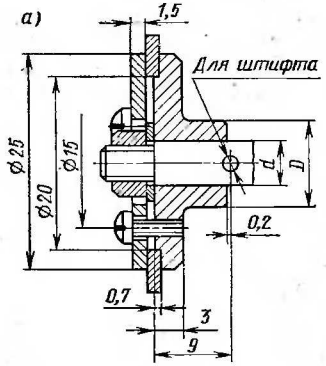
Рис. 1




| D | d | A | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | B |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 13 | — | — | — | — | — |
| 50 | | 12 | — | — | 60 | 6,5 |
| 60 | | 14 | — | — | 65 | 6,5 |
| 80 | | 16 | 26 | 18 | 80 | 8,5 |
| 100 | | 18 | | | 100 | 22 |

Рис. 2

а)




б)

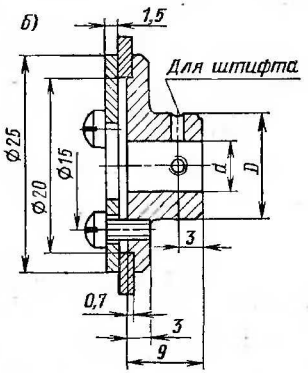



Рис. 3

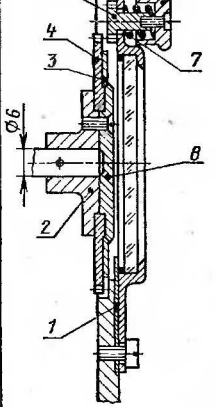



Рис. 4

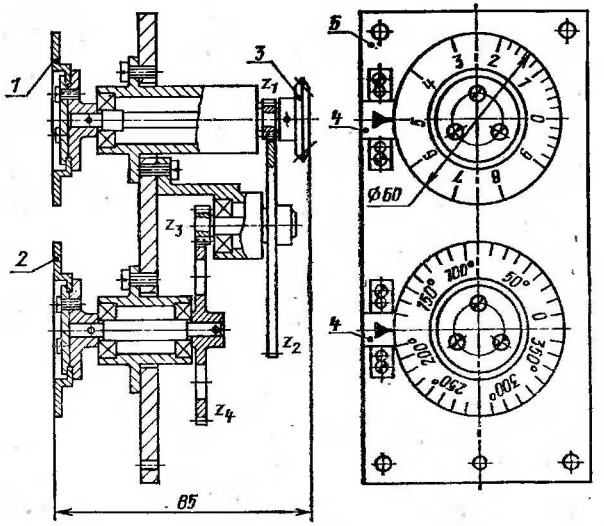
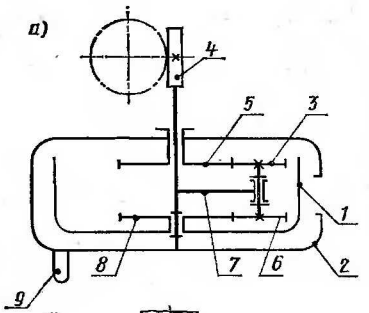



Рис. 5

а)




б)

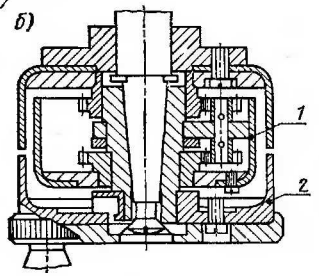
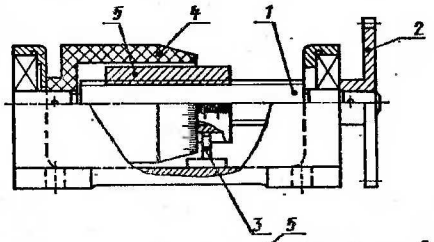



Рис. 6

а)




б)

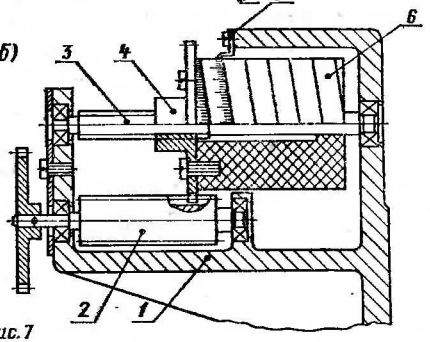



Рис. 7

| Отсчетные устройства | Лист 42 |
|---|---|

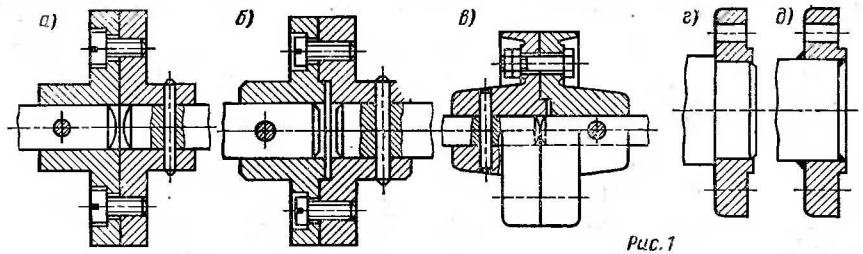



Рис. 1

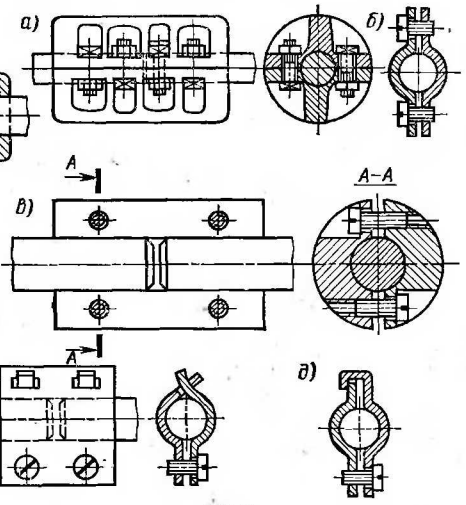



Рис. 2

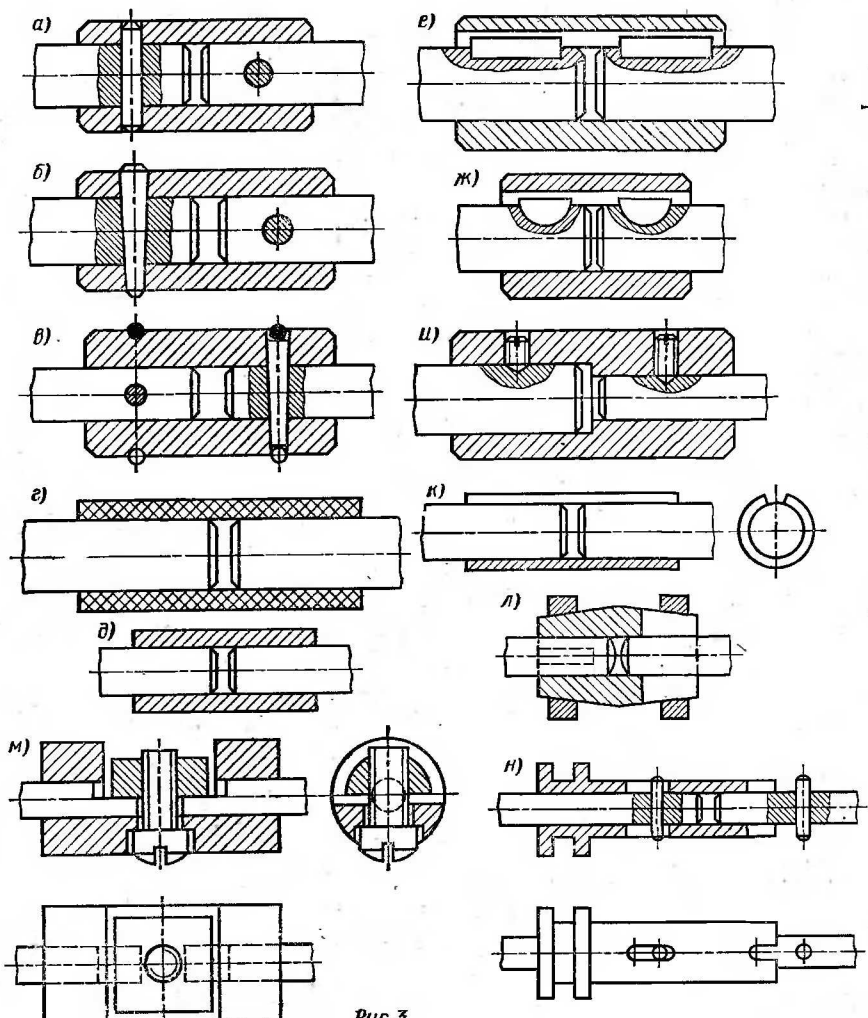



Рис. 3

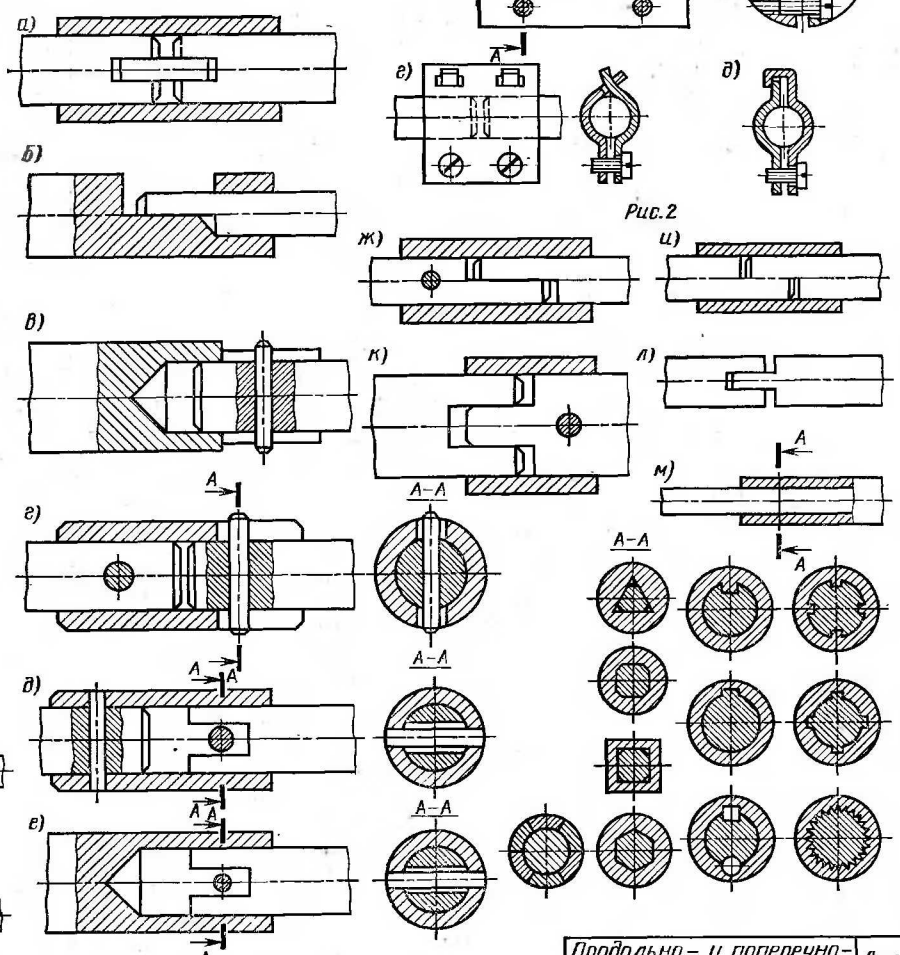



Рис. 4

Продольно- и поперечно-свертные, втулочные и расширительные муфты

Лист 43

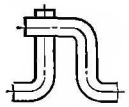


Рис. 1

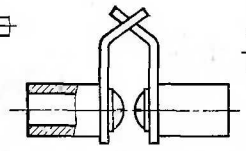


Рис. 2

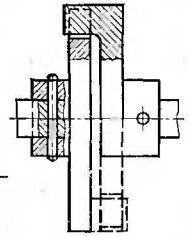


Рис. 3

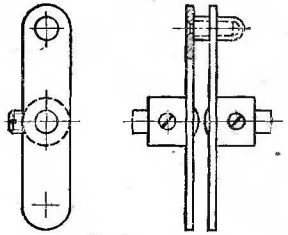


Рис. 4

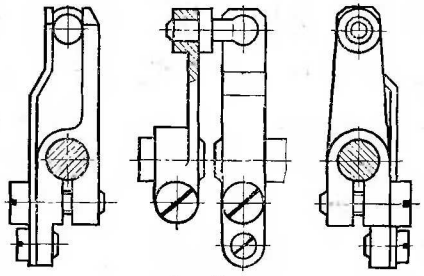


Рис. 13

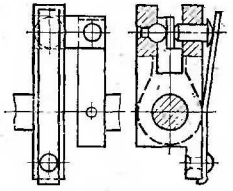


Рис. 14

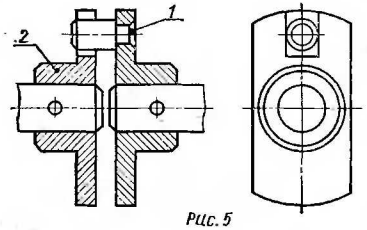



Рис. 5

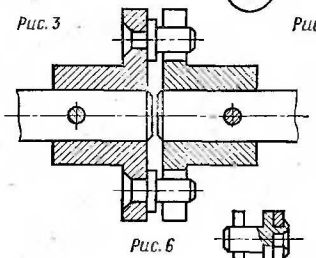


Рис. 6

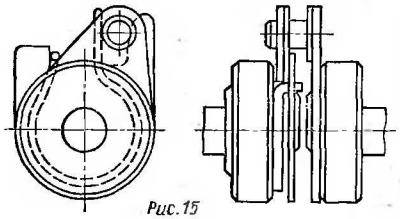


Рис. 15

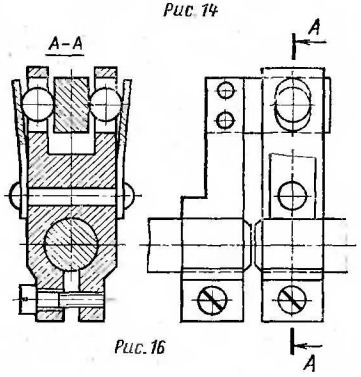



Рис. 16

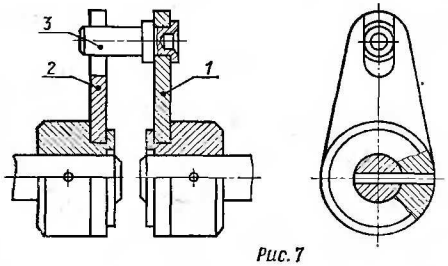



Рис. 7



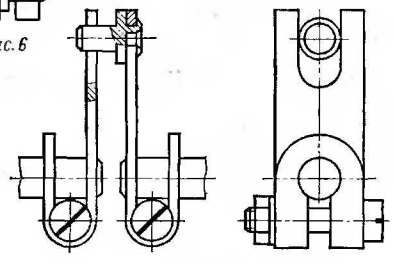


Рис. 8

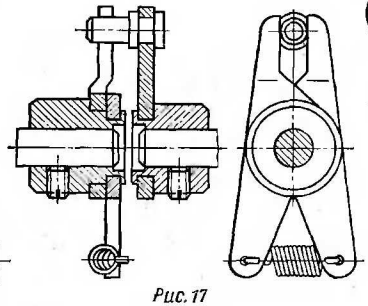


Рис. 17

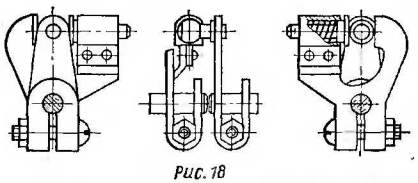


Рис. 18

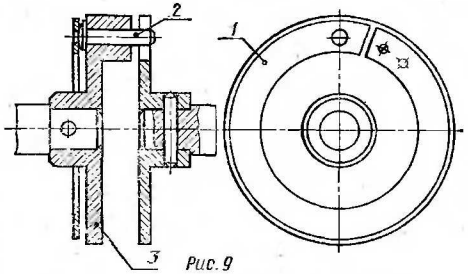



Рис. 9

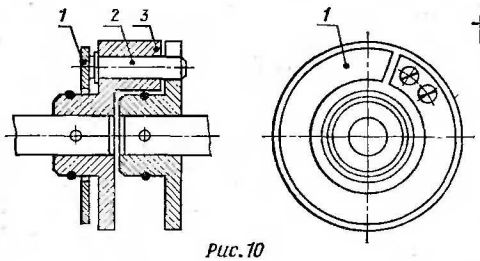
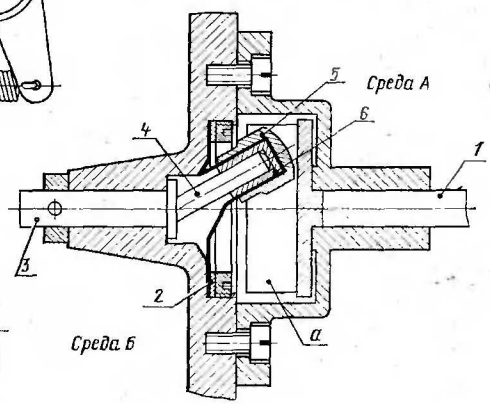






Рис. 10




Среда Б

Рис. 20

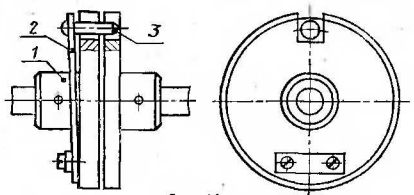
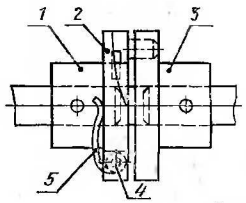



Рис. 11



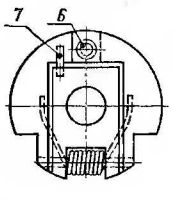




Рис. 12

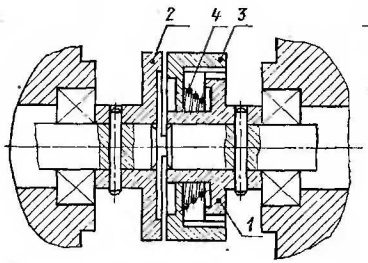



Рис. 19

Поводковые муфты | Лист 44

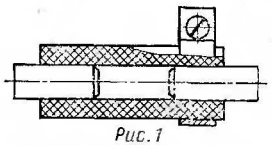


Рис. 1

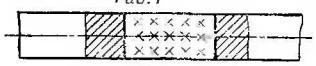


Рис. 2

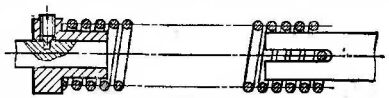


Рис. 3



Рис. 4

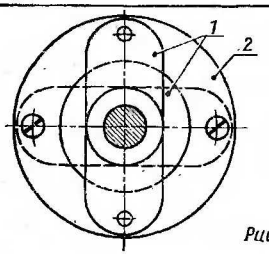
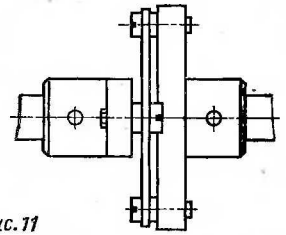
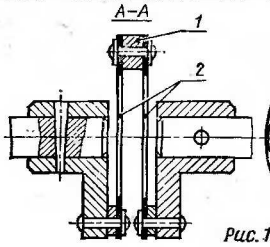



Рис. 11





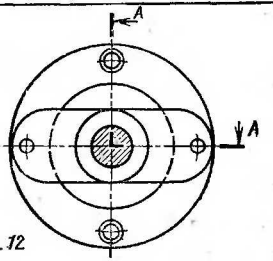




Рис. 12

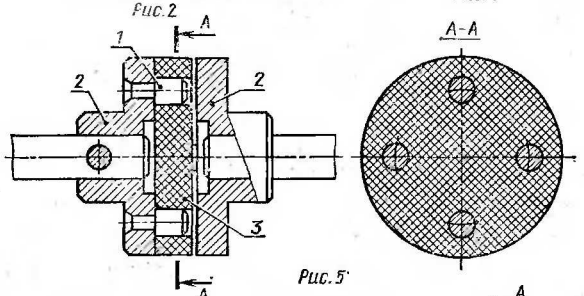



Рис. 5

Включена

Выключена

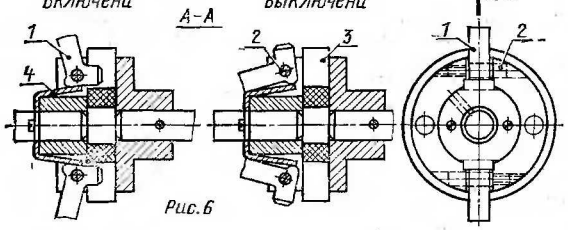
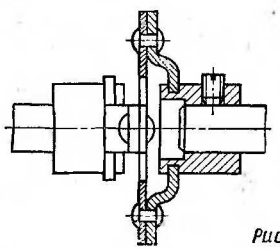



Рис. 6



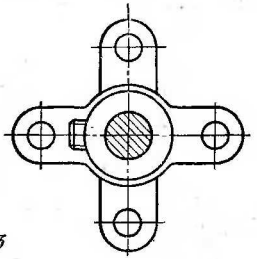
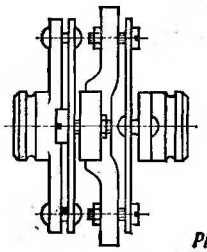


Рис. 13



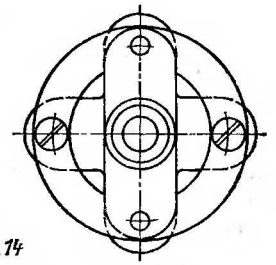
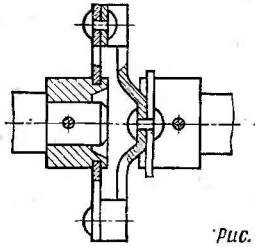


Рис. 14



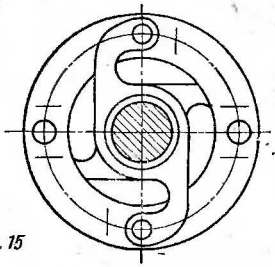


Рис. 15

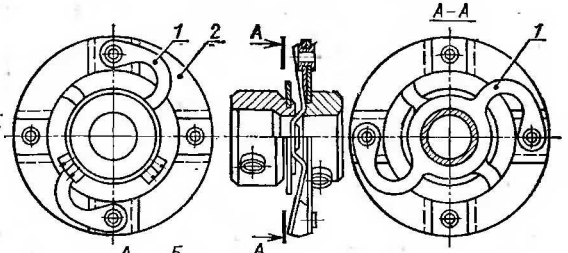



Рис. 16

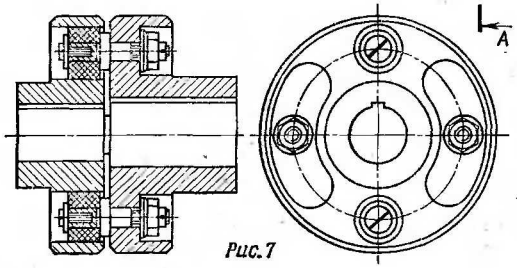


Рис. 7

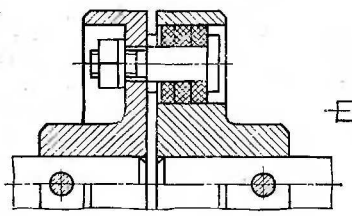
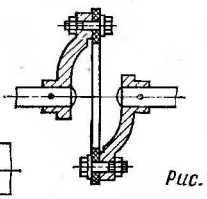


Рис. 8



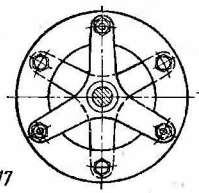
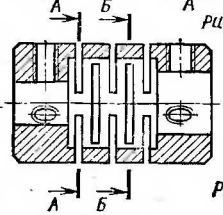


Рис. 17



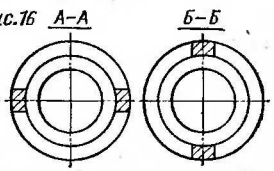




Рис. 18

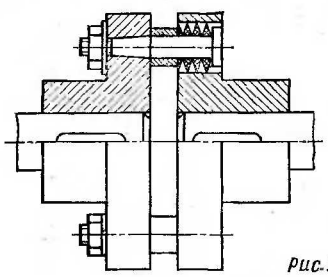
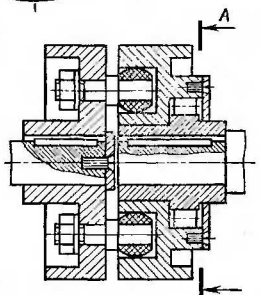


Рис. 9



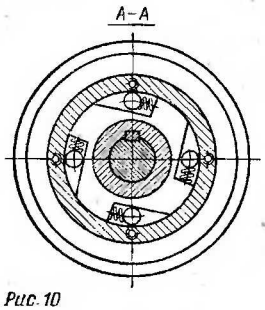




Рис. 10

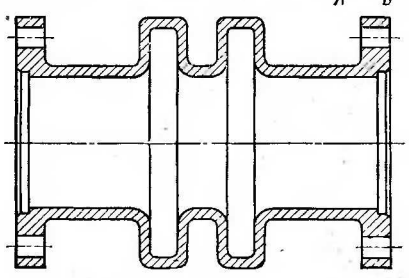


Рис. 19

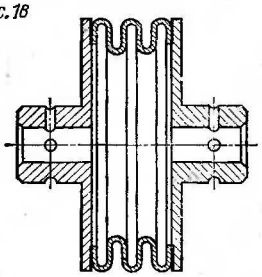


Рис. 20

Упругие муфты

Лист 45

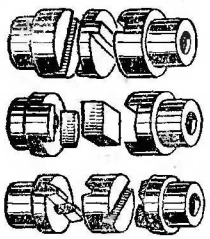
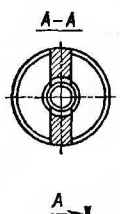
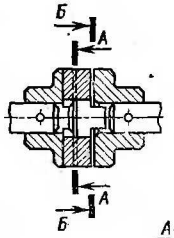


Рис. 1



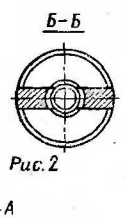




Рис. 2

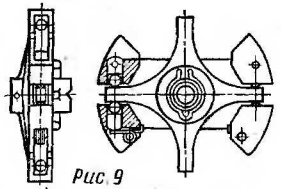


Рис. 9

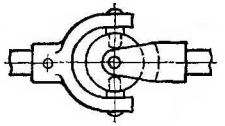


Рис. 10

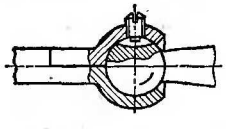


Рис. 11

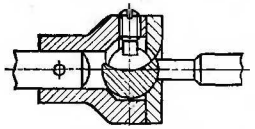


Рис. 12

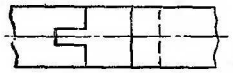
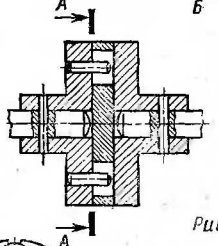


Рис. 3



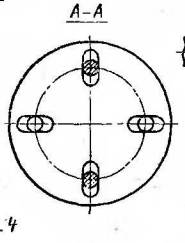




Рис. 4

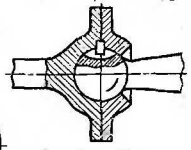


Рис. 13

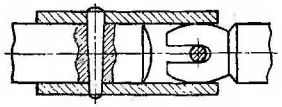


Рис. 14

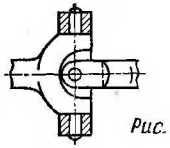
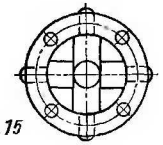


Рис. 15



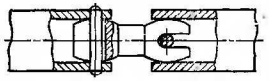
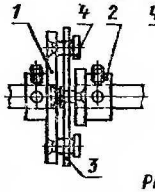


Рис. 16



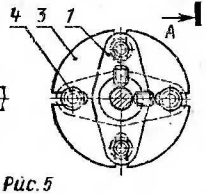




Рис. 5

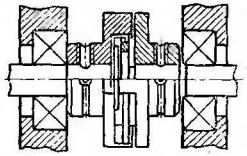
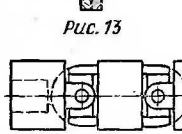


Рис. 6



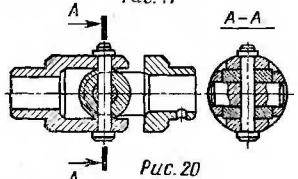




Рис. 20

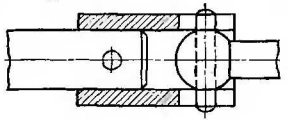


Рис. 21

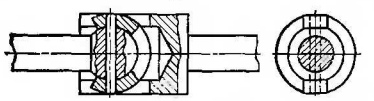


Рис. 22

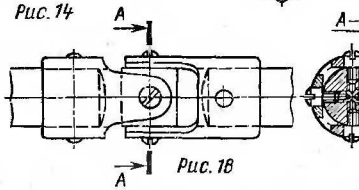



Рис. 18

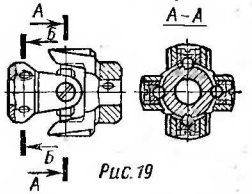



Рис. 19

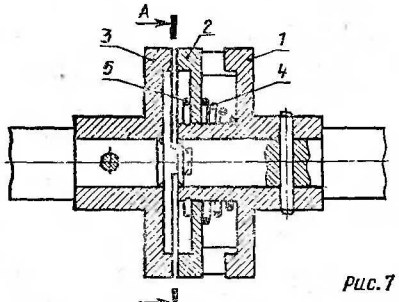
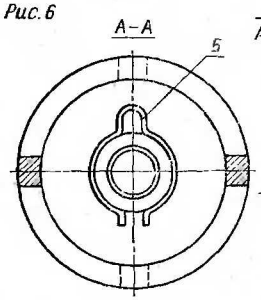



Рис. 7



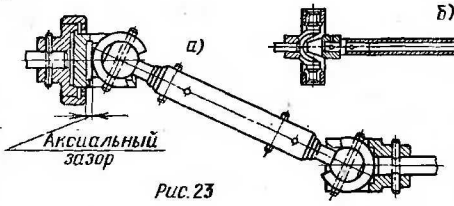
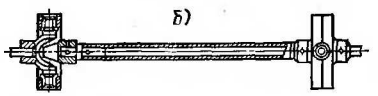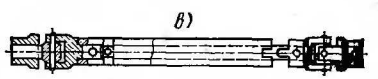




Рис. 23







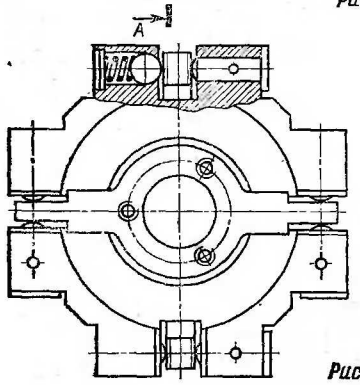
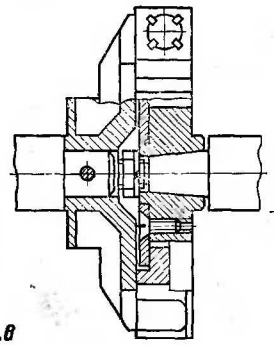



Рис. 8



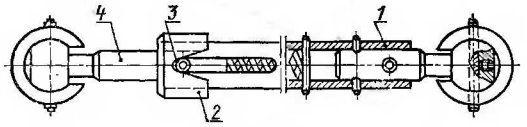



Рис. 24

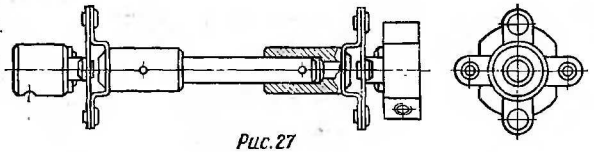


Рис. 27

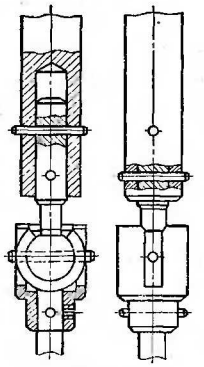


Рис. 25

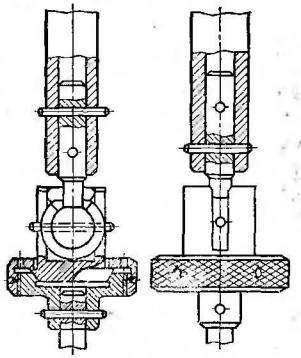
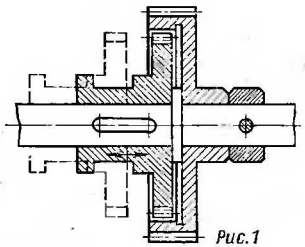
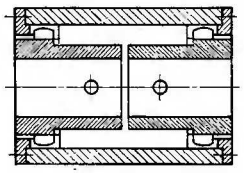
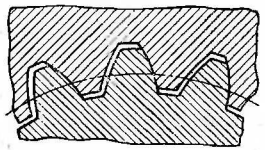


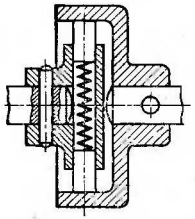
Рис. 26

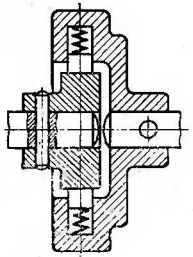
| Крестовые муфты и карданные валики | Лист 46 |
|---|---|


Рис. 1


Рис. 2


Рис. 3


Рис. 4


Рис. 5

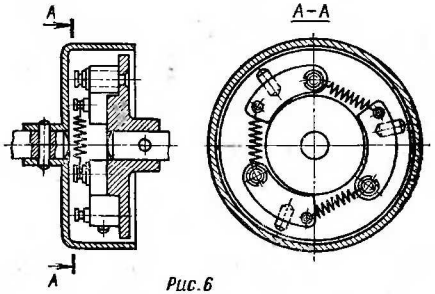


Рис. 6

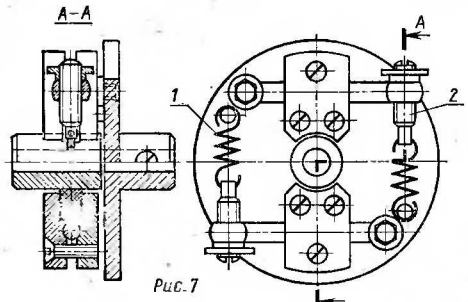


Рис. 7

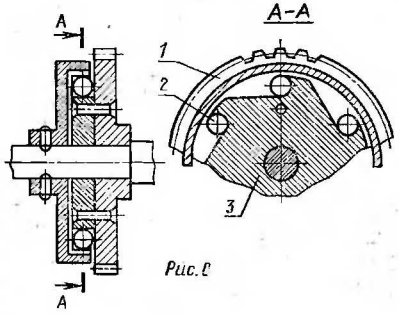


Рис. 8

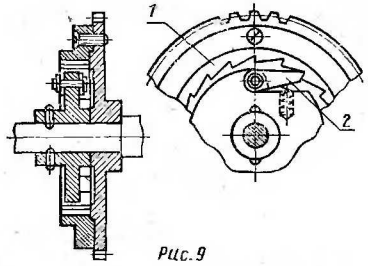


Рис. 9

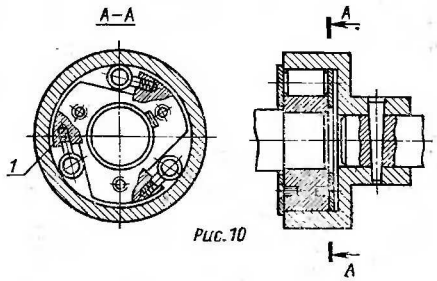


Рис. 10

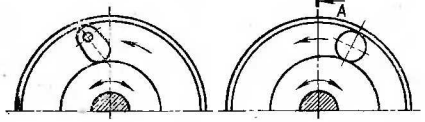
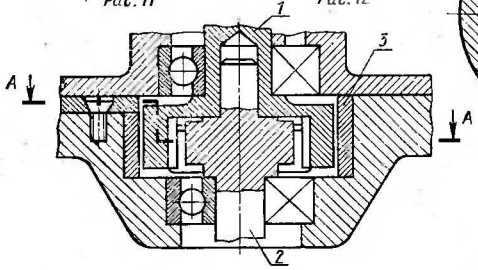
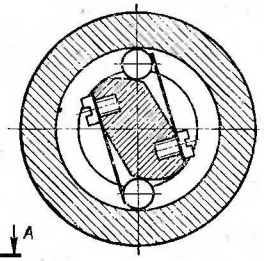


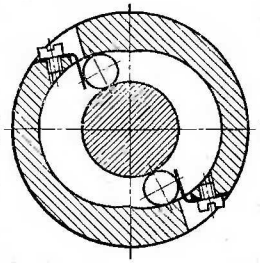
Рис. 11



Рис. 12





Рис. 13


Рис. 14

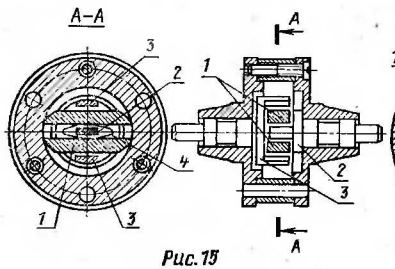


Рис. 15

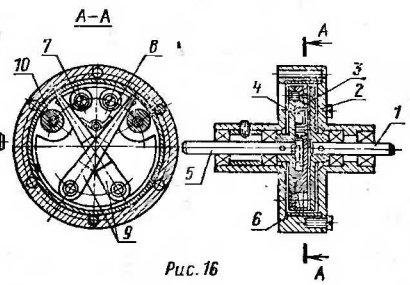


Рис. 16

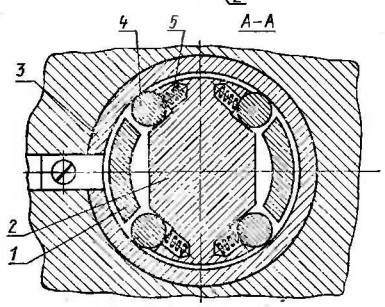


Рис. 17

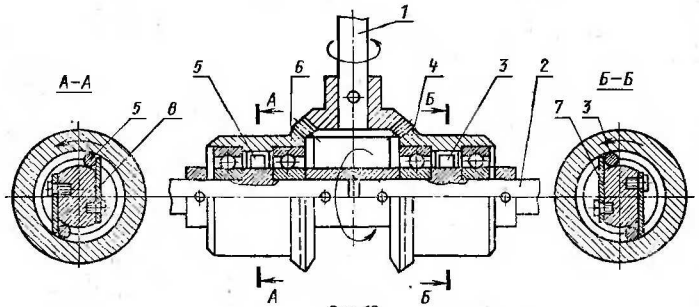


Рис. 18

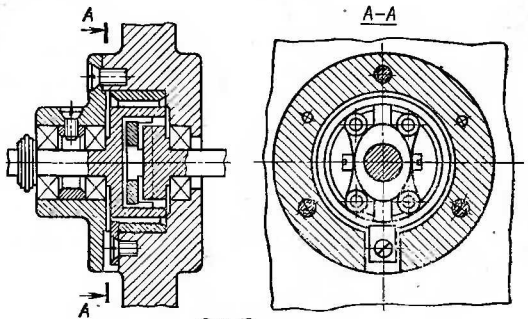


Рис. 19

Муфты зубчатые, центробежные, свободного хода и необратимого движения

Лист 47

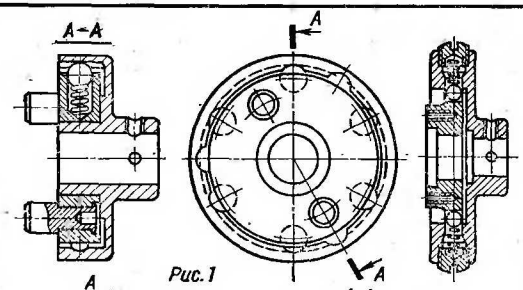



Рис. 1

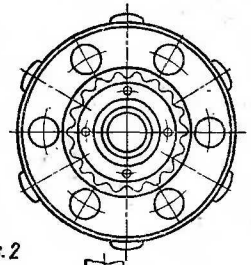


Рис. 2

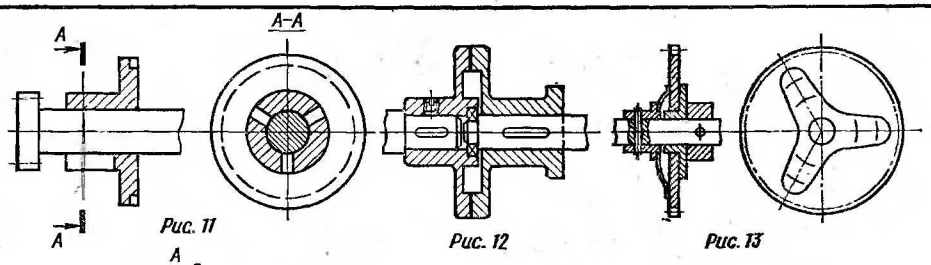



Рис. 11

Рис. 12

Рис. 13

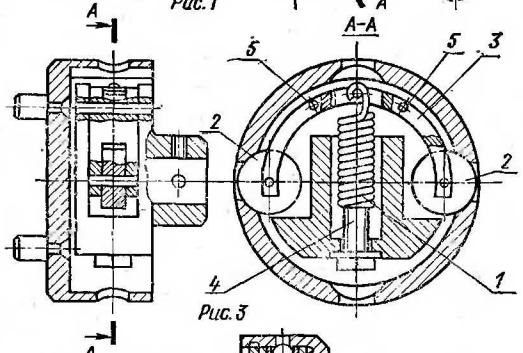



Рис. 3

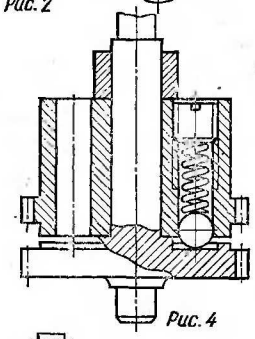


Рис. 4

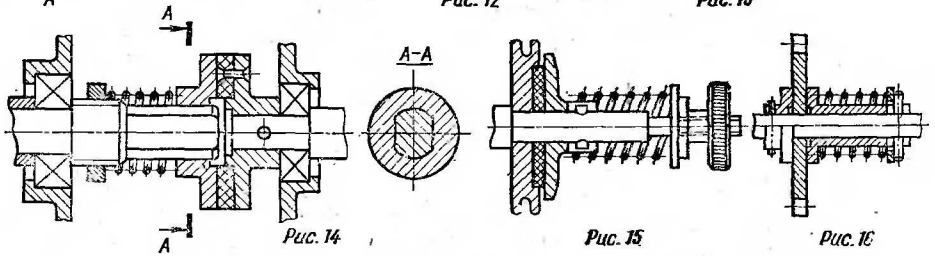



Рис. 14

Рис. 15

Рис. 16

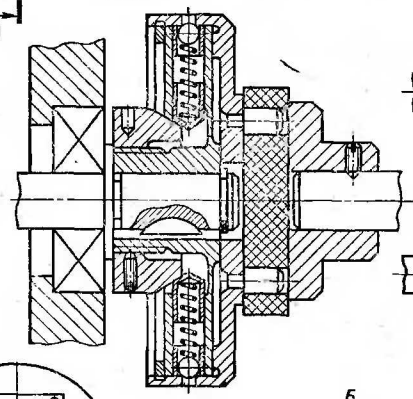


Рис. 5

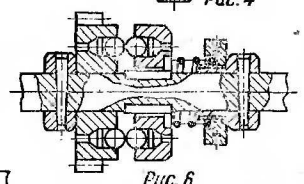


Рис. 6

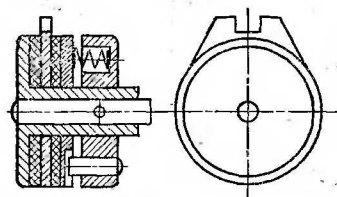


Рис. 17

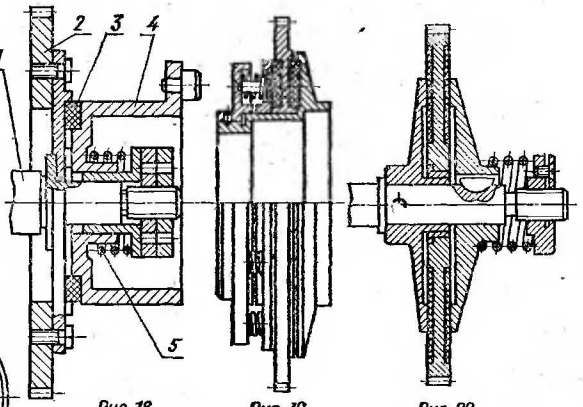



Рис. 18

Рис. 19

Рис. 20

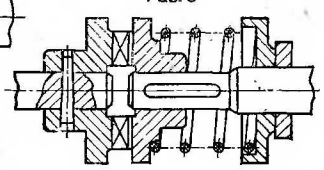


Рис. 7

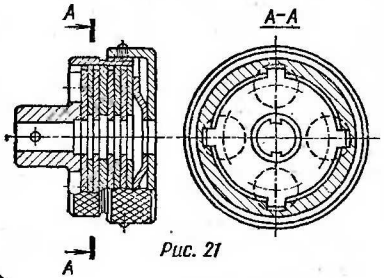



Рис. 21

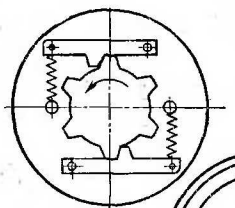


Рис. 8

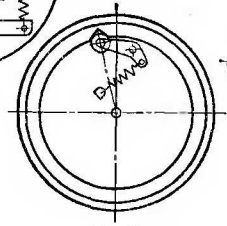


Рис. 9

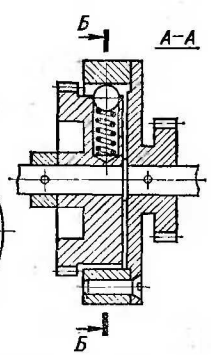
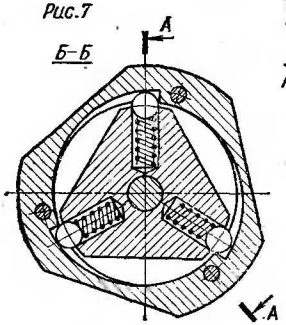



Рис. 10



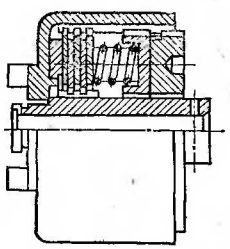



Рис. 22

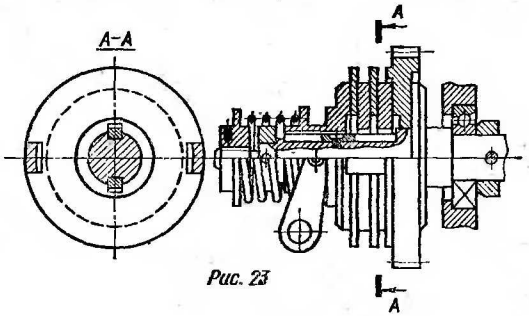



Рис. 23

| Предохранительные и фрикционные муфты | Лист 48 |
|---|---|

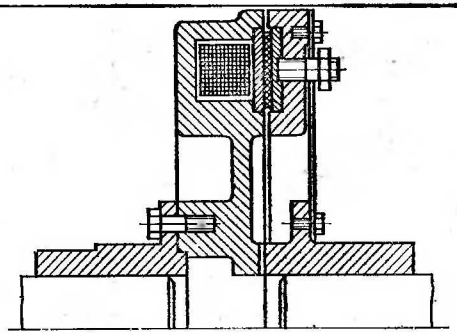


Рис. 1

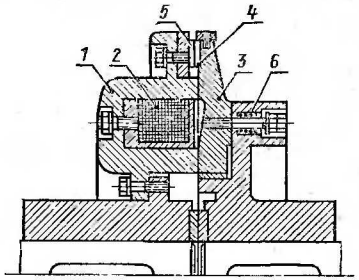



Рис. 2

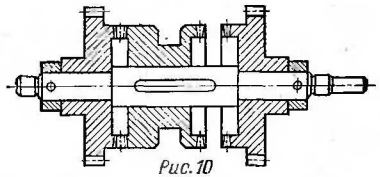


Рис. 10

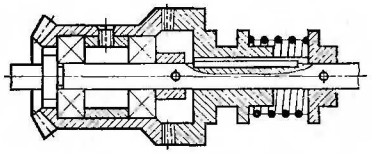
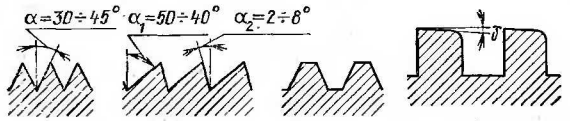


Рис. 11



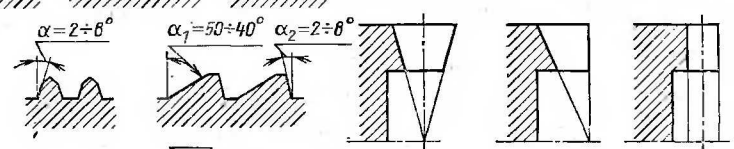
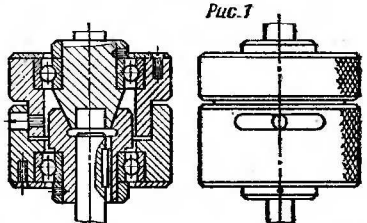




Рис. 12



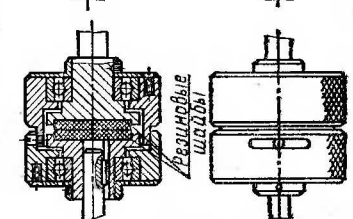



Рис. 3

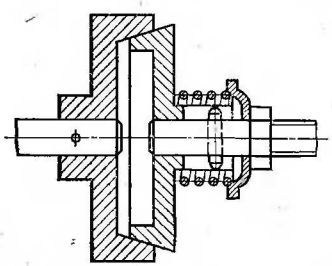


Рис. 4

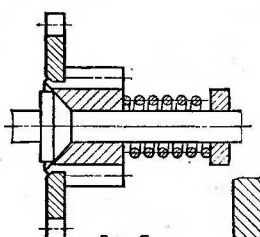


Рис. 5

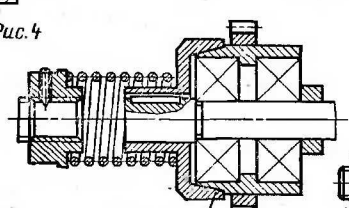



Рис. 6

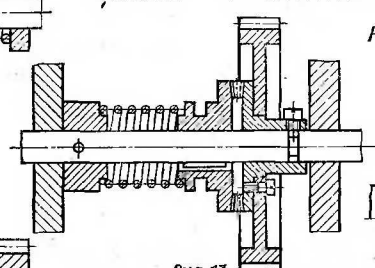


Рис. 13

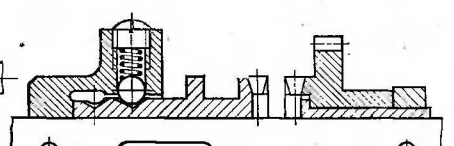


Рис. 14

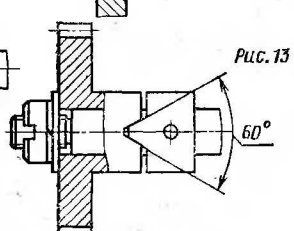



Рис. 15

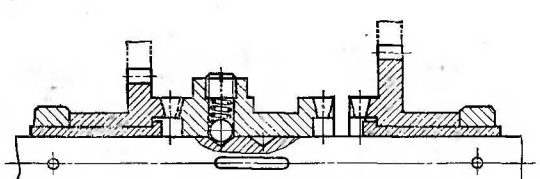


Рис. 16

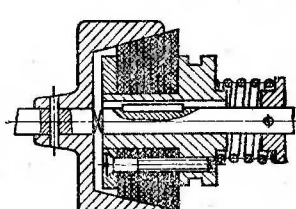


Рис. 7

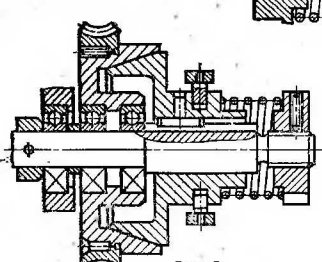


Рис. 8

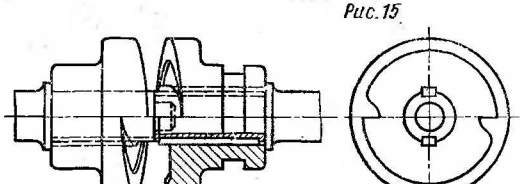


Рис. 17

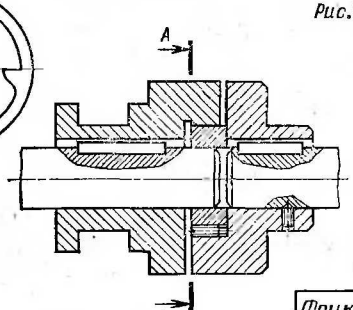
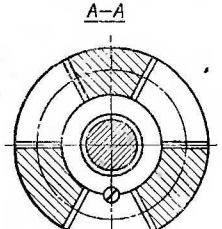



Рис. 18



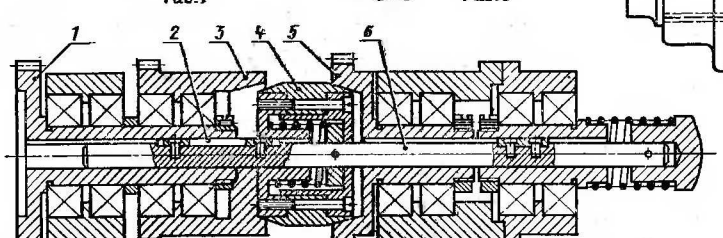




Рис. 9

Фрикционные и зубчатые (кулачковые) муфты | Лист 49

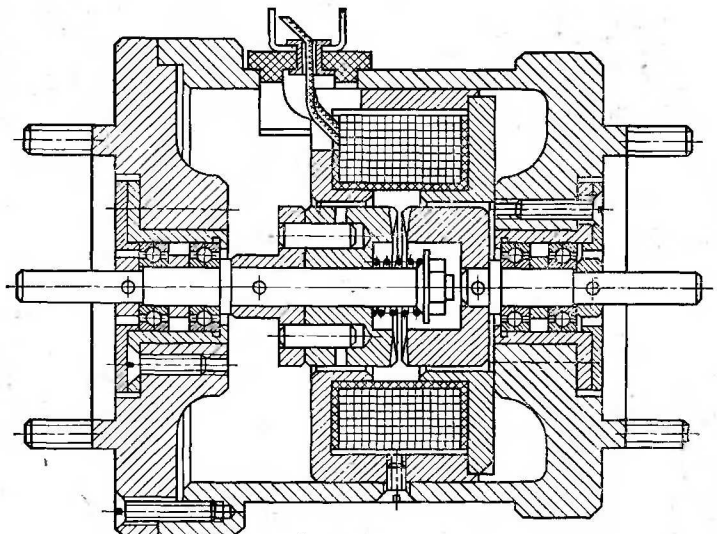


Рис. 1

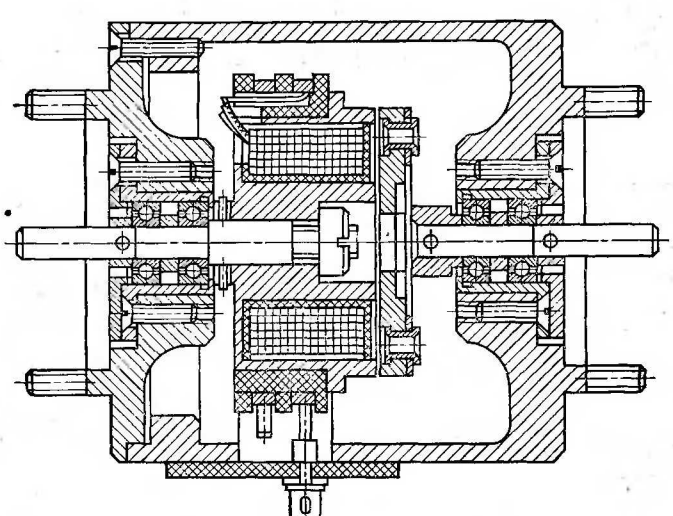


Рис. 2

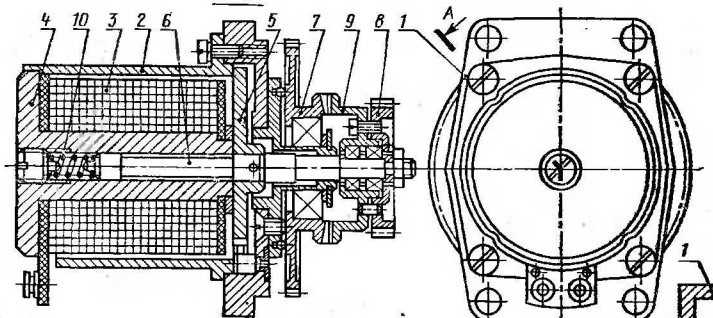



Рис. 3

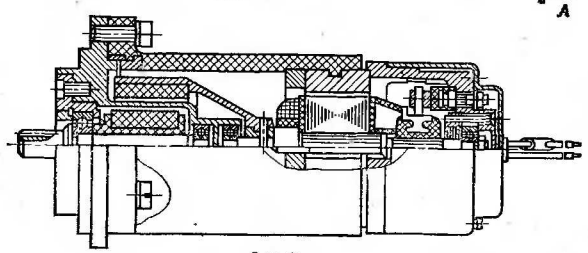


Рис. 4

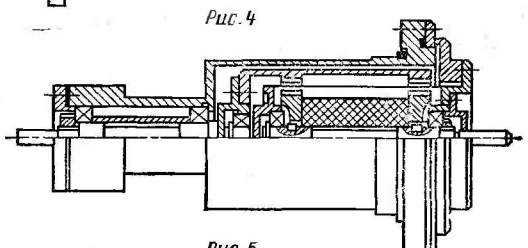
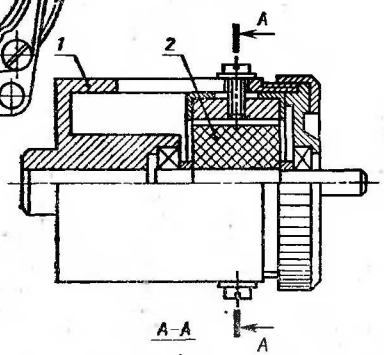


Рис. 5



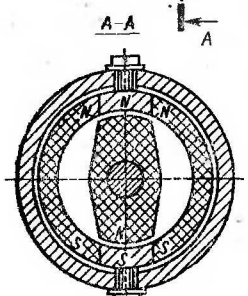




Рис. 6

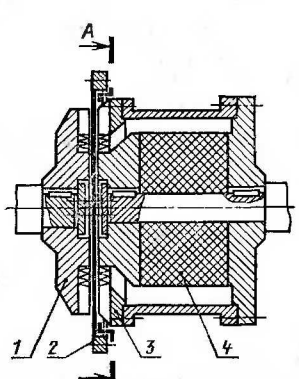
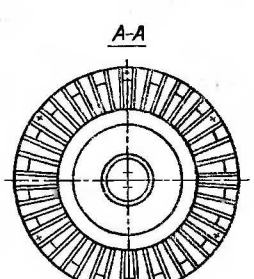



Рис. 7



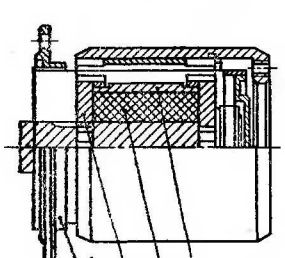




Рис. 8

| Электромагнитные муфты | Лист 50 |
|---|---|

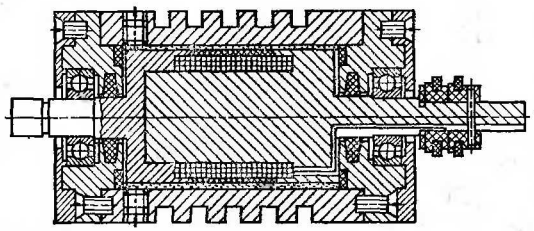


Рис. 1

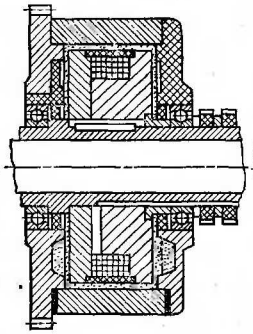


Рис. 2

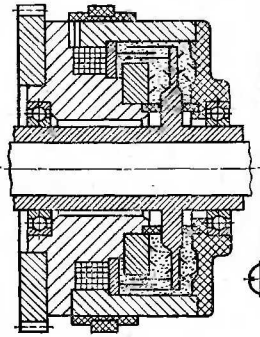


Рис. 3

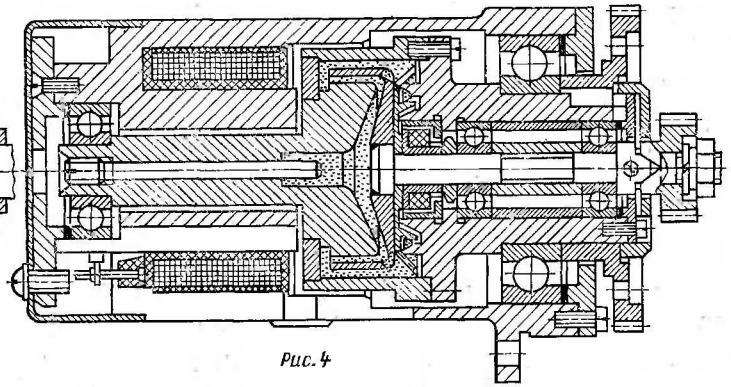


Рис. 4

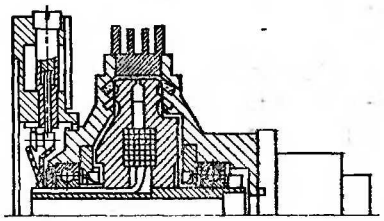


Рис. 5

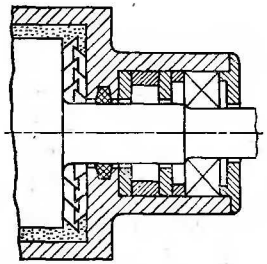


Рис. 6

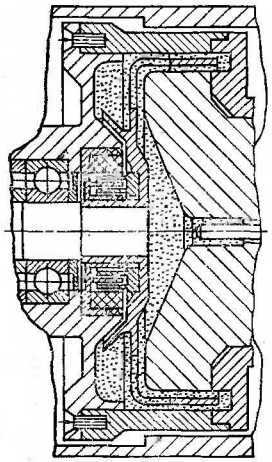


Рис. 7

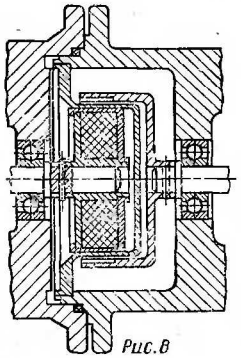


Рис. 8

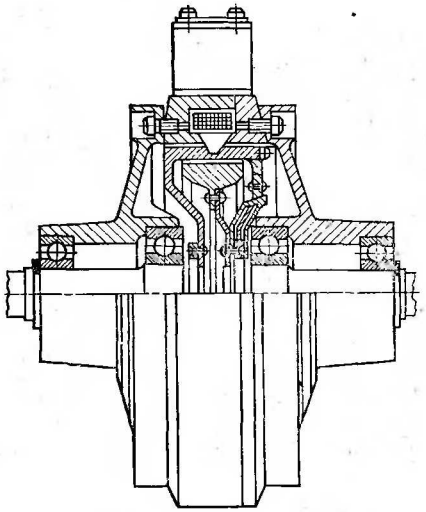


Рис. 9

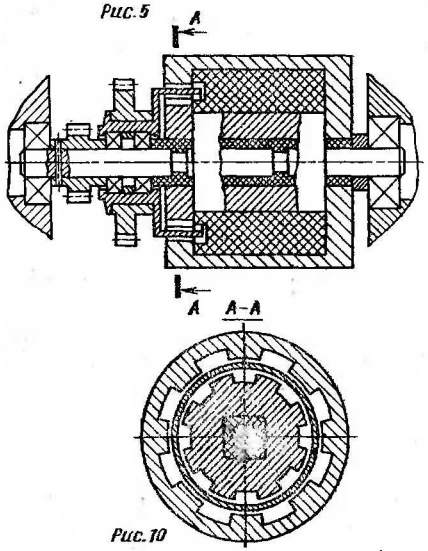



Рис. 10

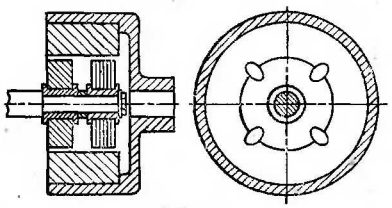


Рис. 11

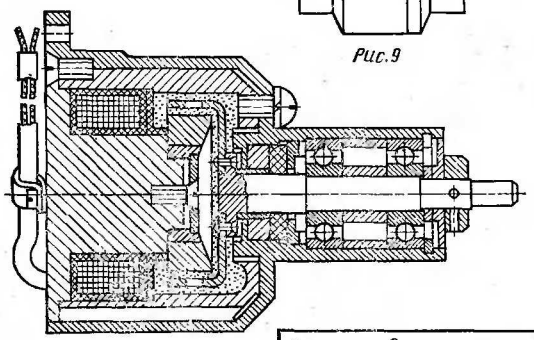
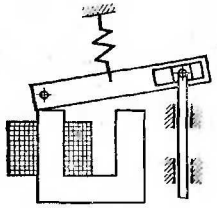
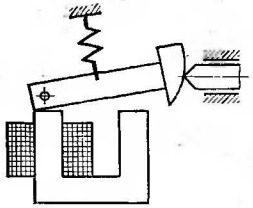
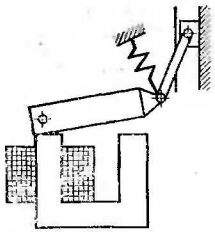


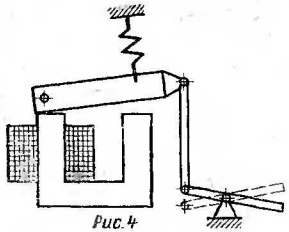
Рис. 12

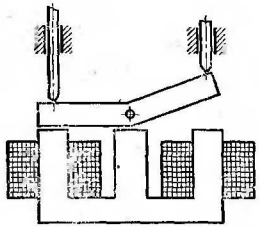
| Порошковые и гистерезисные муфты | Лист 51 |
|---|---|

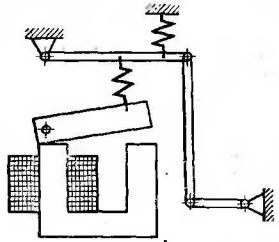

Рис. 1

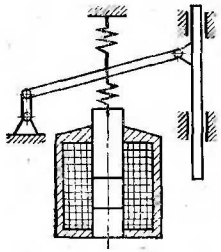

Рис. 2

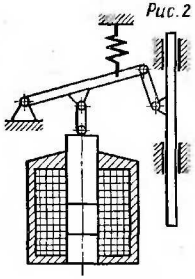

Рис. 3

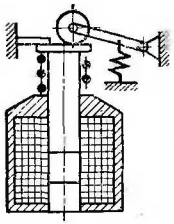

Рис. 4

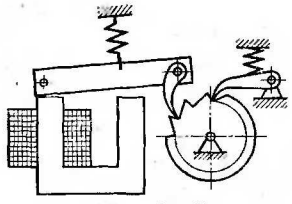

Рис. 5

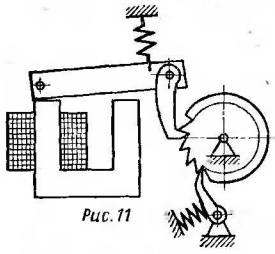

Рис. 6

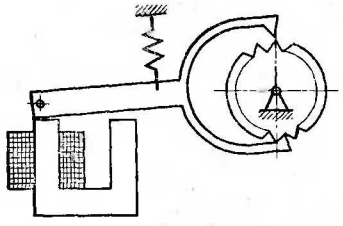

Рис. 7

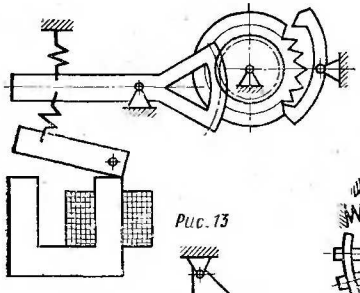

Рис. 8

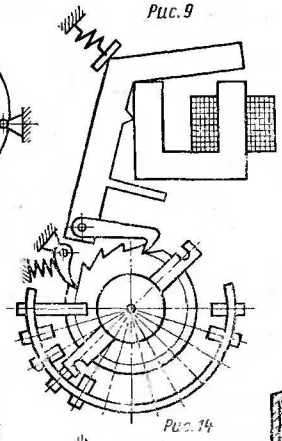

Рис. 9

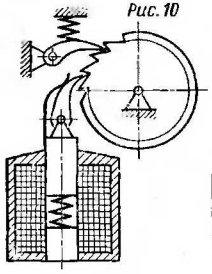

Рис. 10

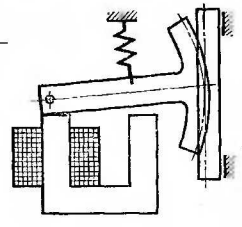

Рис. 11

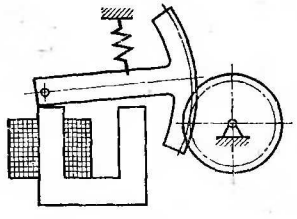

Рис. 12

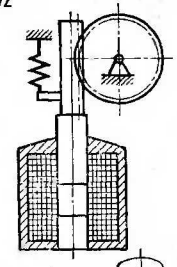

Рис. 13

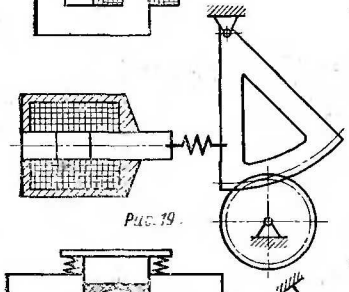

Рис. 14

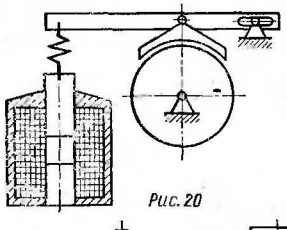

Рис. 15

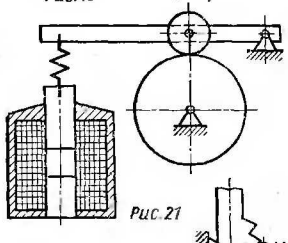

Рис. 16

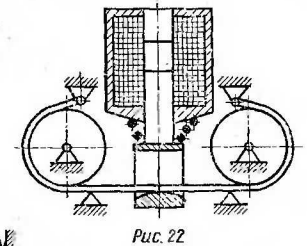

Рис. 17

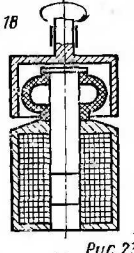

Рис. 18

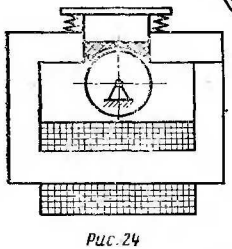

Рис. 19

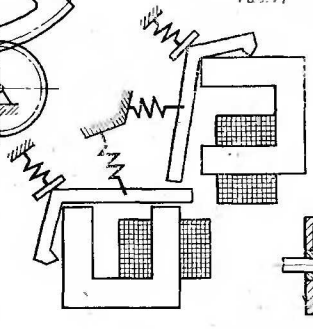

Рис. 20

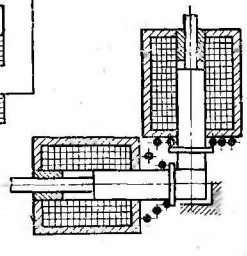

Рис. 21

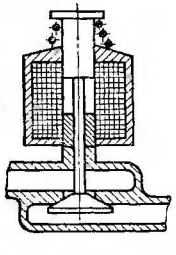

Рис. 22

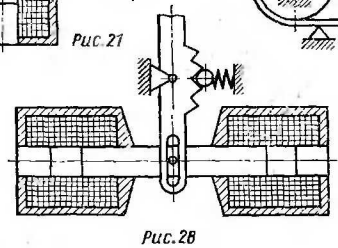

Рис. 23

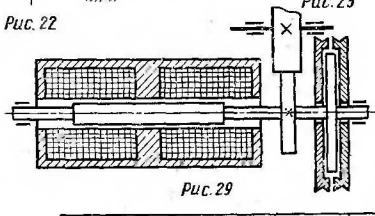

Рис. 24


Рис. 25


Рис. 26


Рис. 27


Рис. 28


Рис. 29

| Электромагнитные механизмы | Лист 52 |
|---|---|

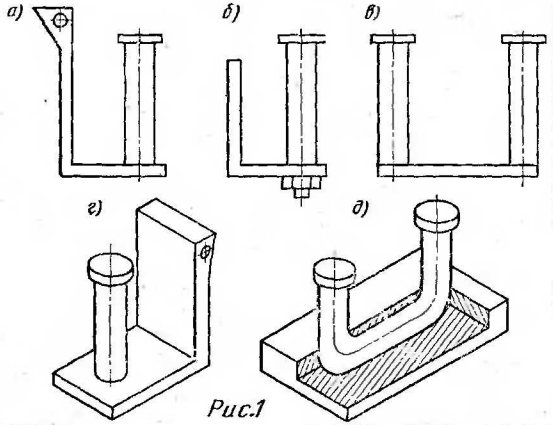



Рис.1

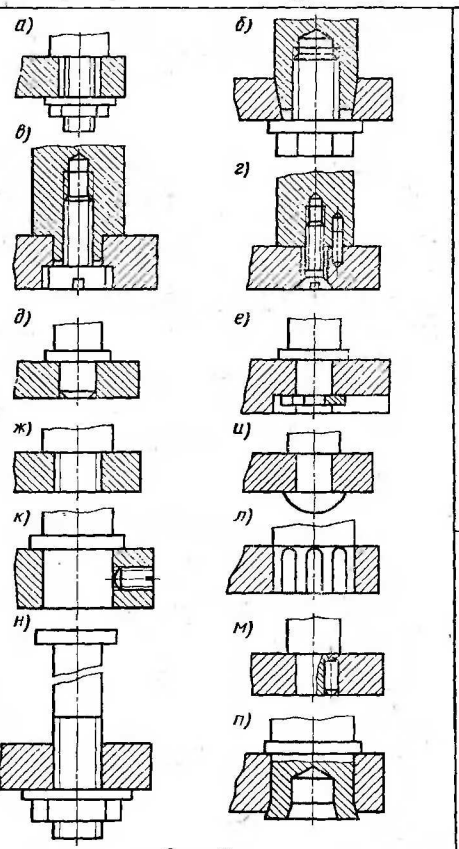



Рис. 2

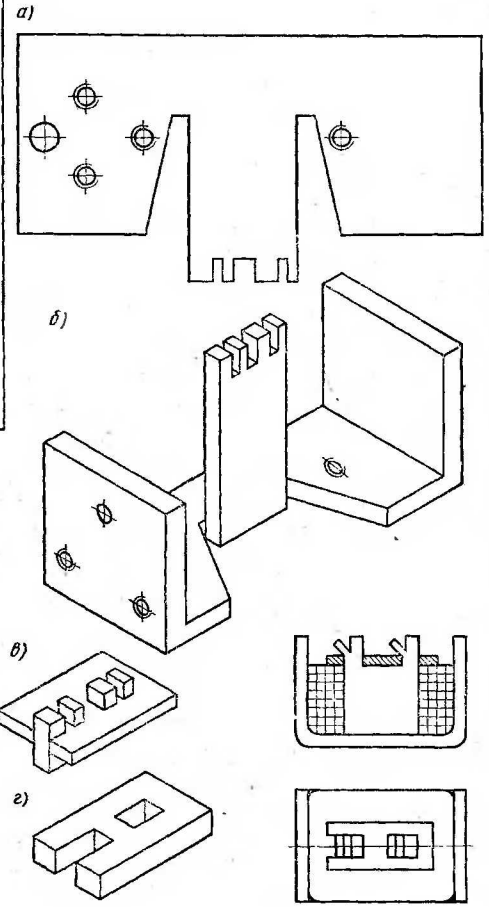



Рис. 3

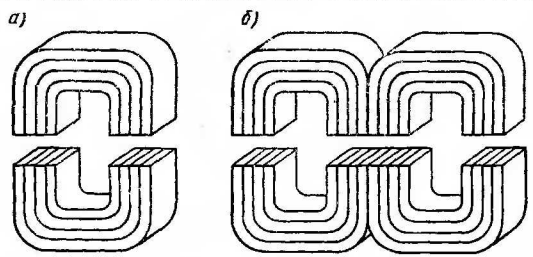



Рис. 4

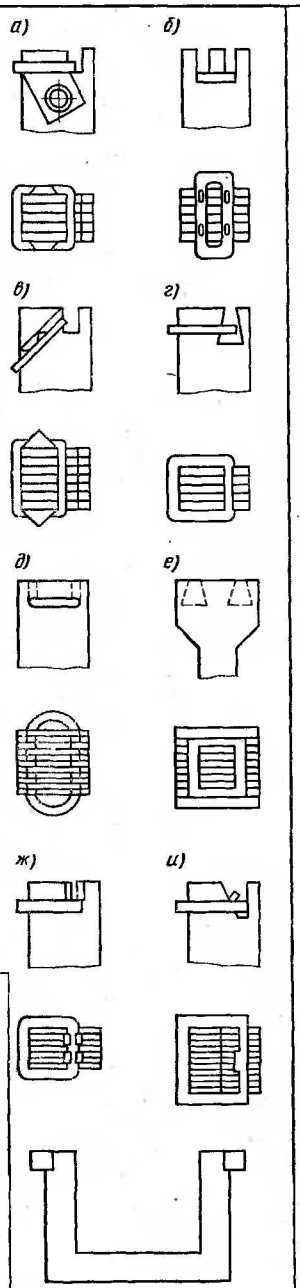



Рис. 5

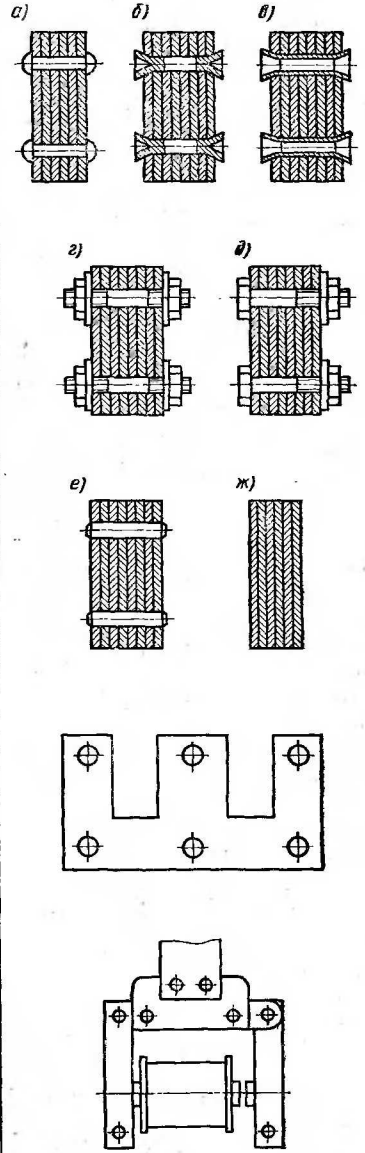



Рис. 6

Магнитопроводы

Лист 53

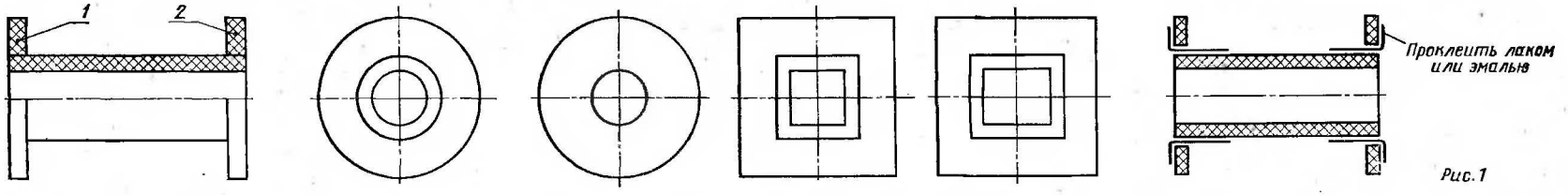
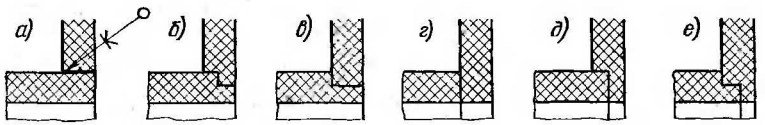
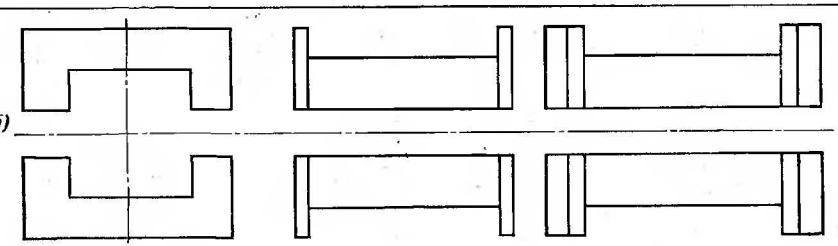



Рис. 1



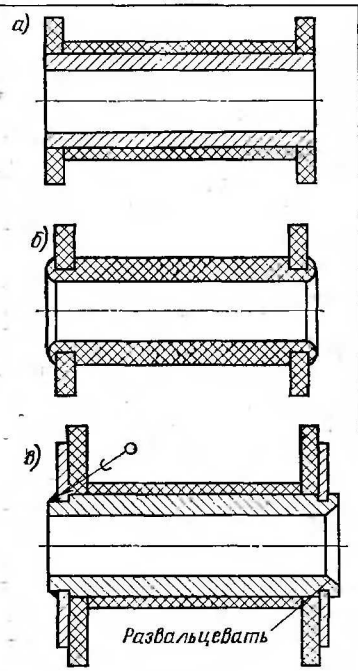
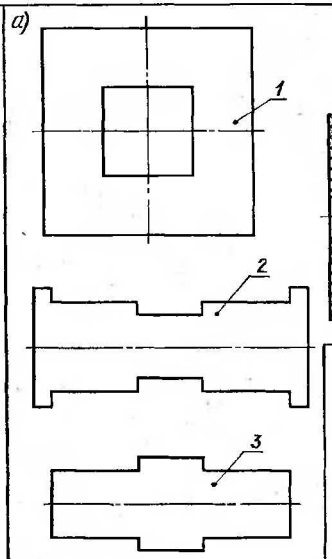




Рис. 2



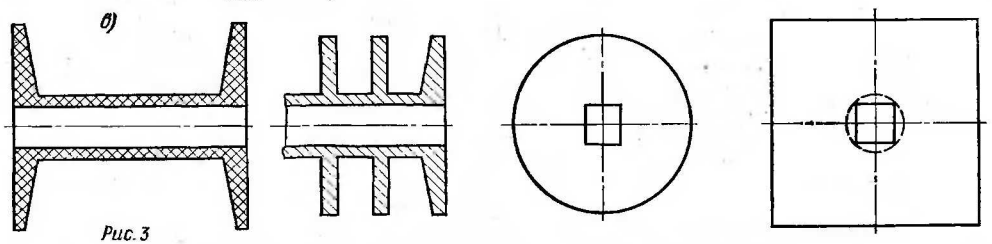
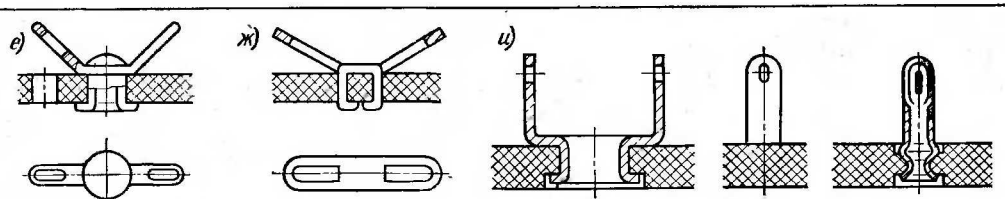




Рис. 3



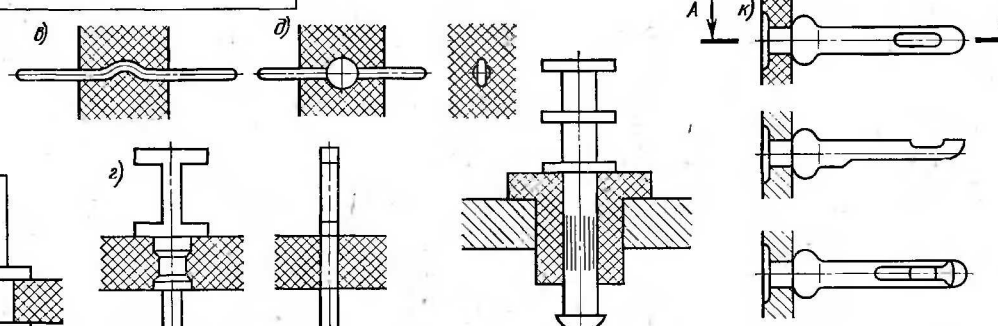




Рис. 4

| Каркасы катушек ЭММ | Лист 54 |
|---|---|

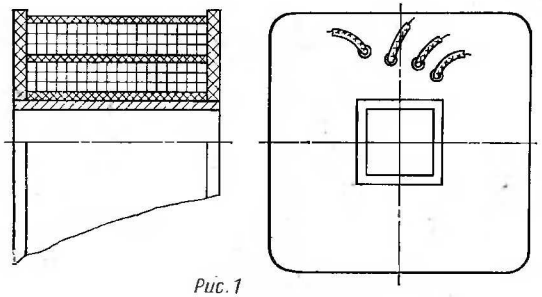


Рис. 1

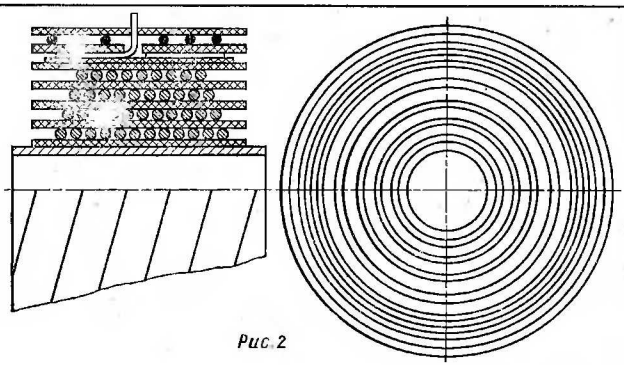


Рис. 2

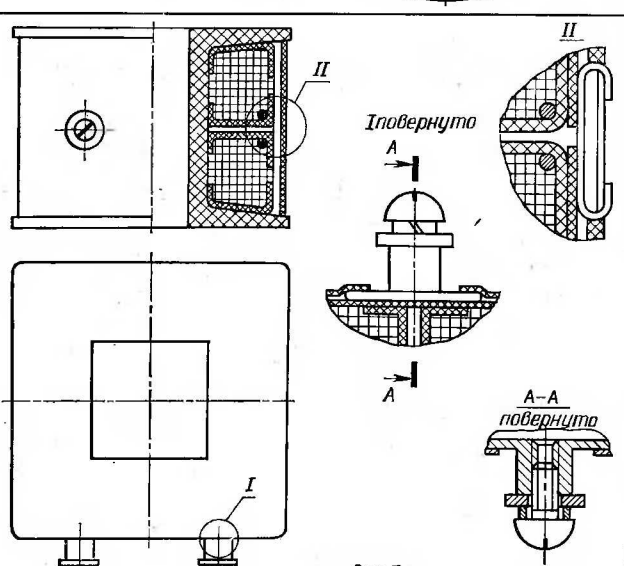



Рис. 3

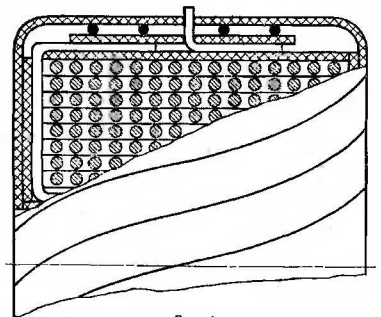


Рис. 4

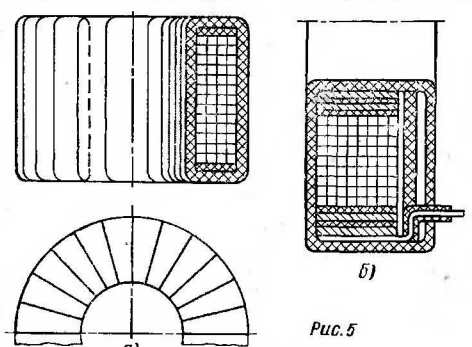



Рис. 5

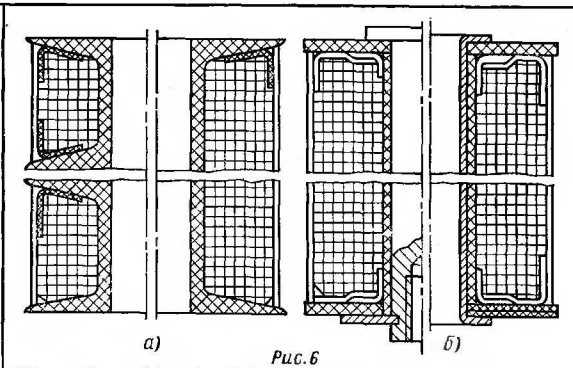



Рис. 6

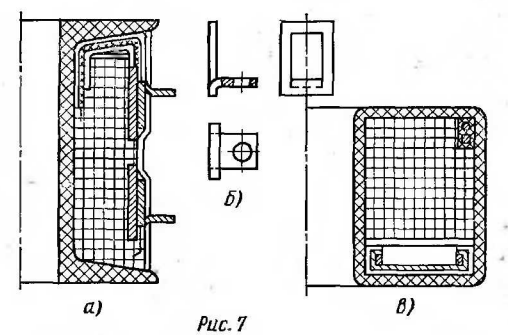



Рис. 7

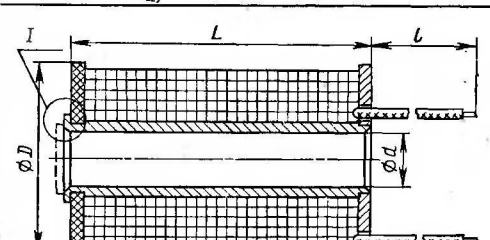
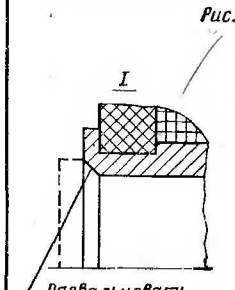



Рис. 8




| Диаметр провода | Число рядов | Кол. витков в ряду | Всего витков | Сопротивление, Ом | Напряжение, В |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,23 | 32 | 170 | 5420 | 155±5% | 27 |

1. Намотка рядная многослойная произвольная.
2. Катушку пропитать лаком ФЛ-98 по ГОСТ-12294-66.
3. Обернуть витки сверху одним слоем лакоткани, концы перекрыть на 15 мм.
4. Концы лакоткани закрепить клеем БФ-2 ТУМХП 1361-49. Попадание клея на обмотку не допускается.
5. Выводы делать проводом обмотки. На выводы надевать трубку ПХВ.

Катушки ЭММ

Лист 55

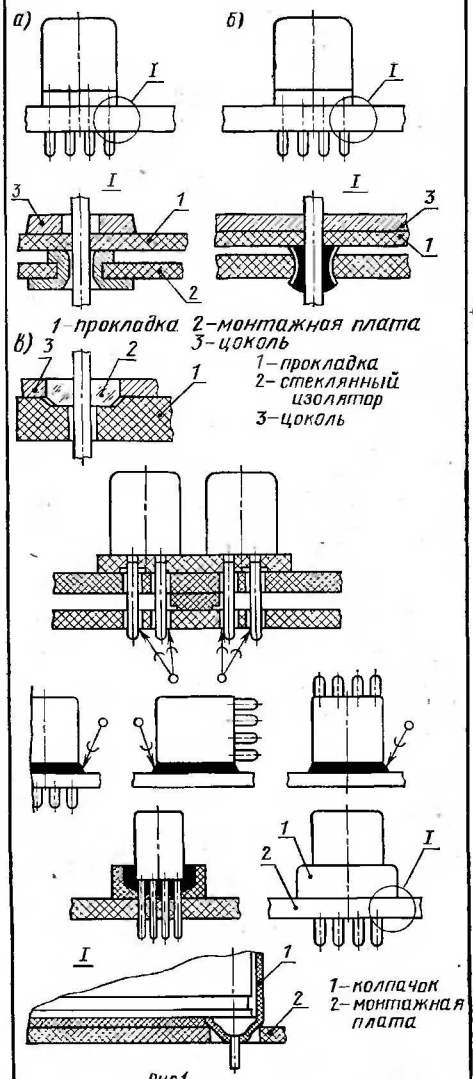



Рис.1

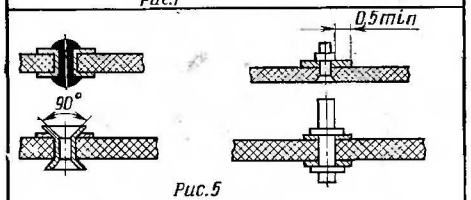



Рис.5

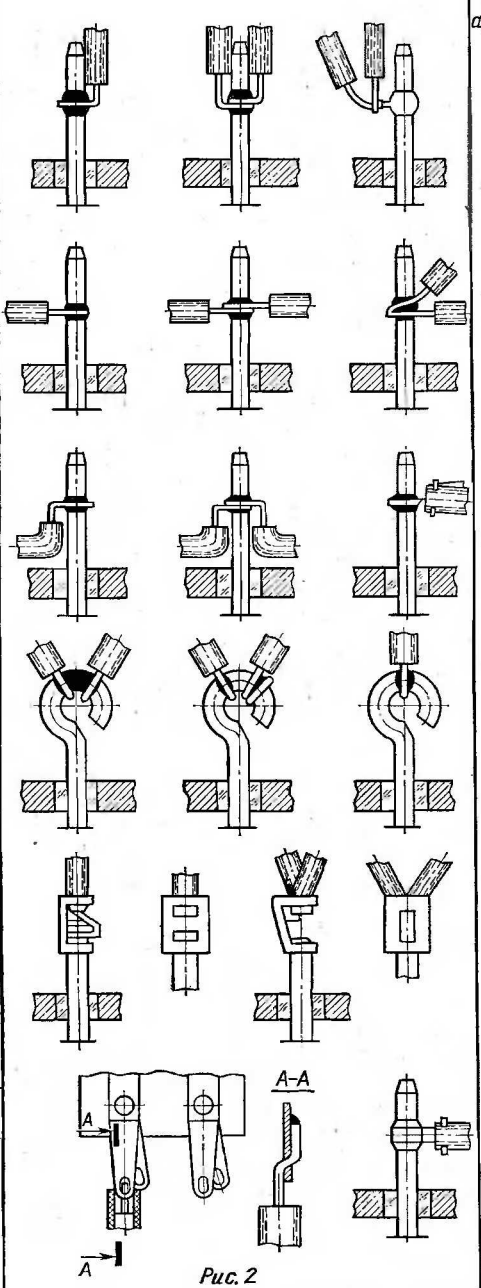



Рис. 2

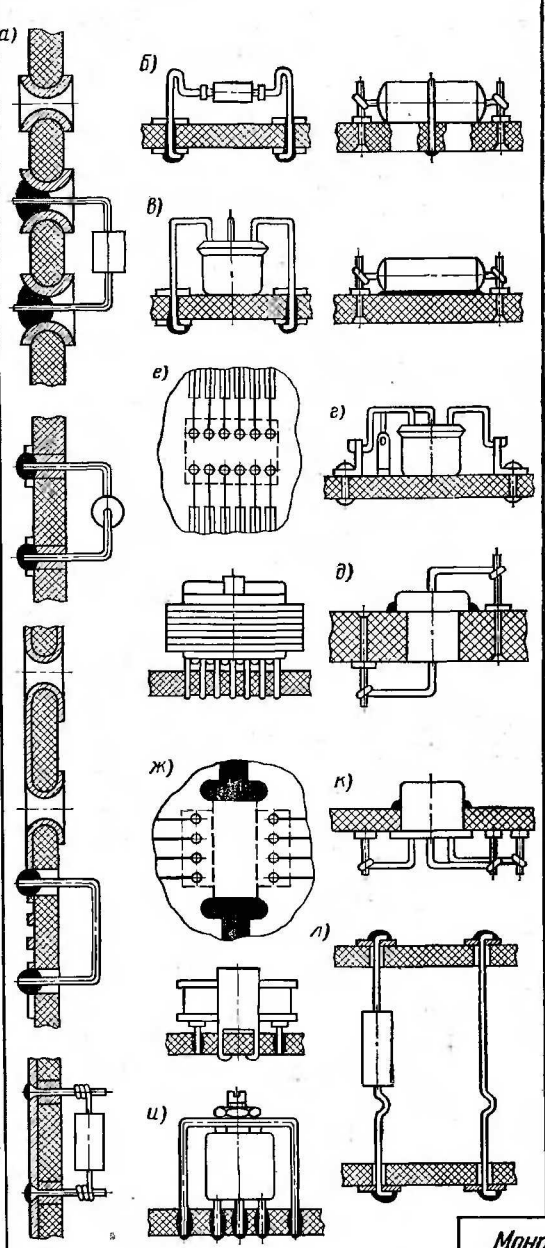



Рис.3

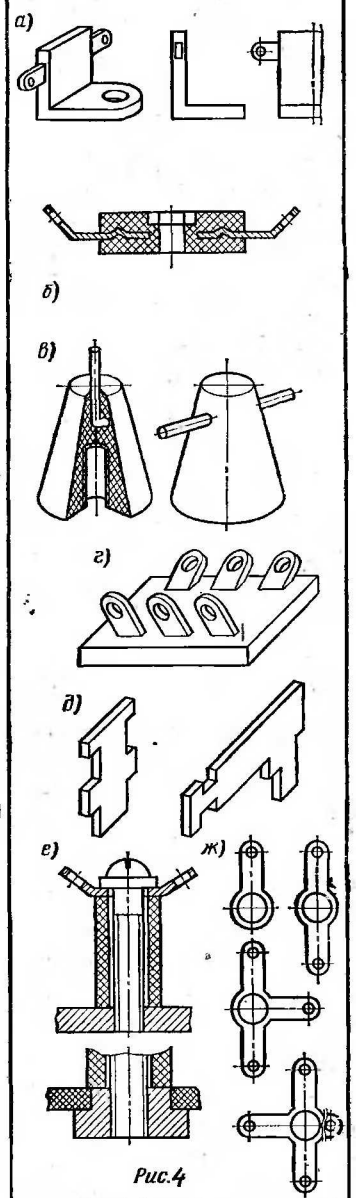



Рис.4

Монтаж электронных элементов

Лист 56

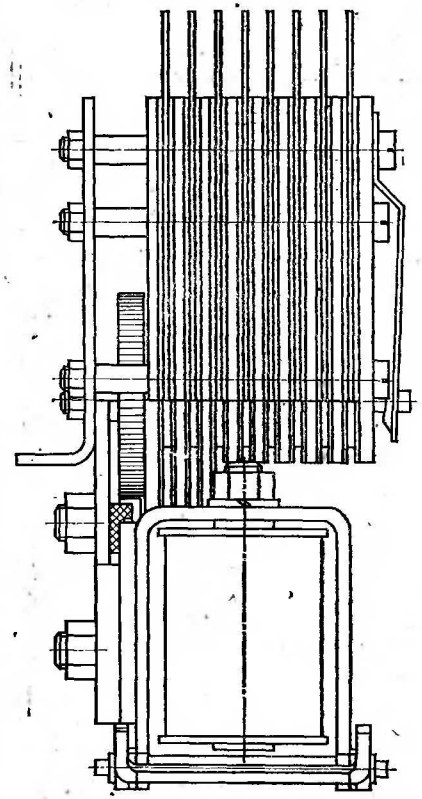
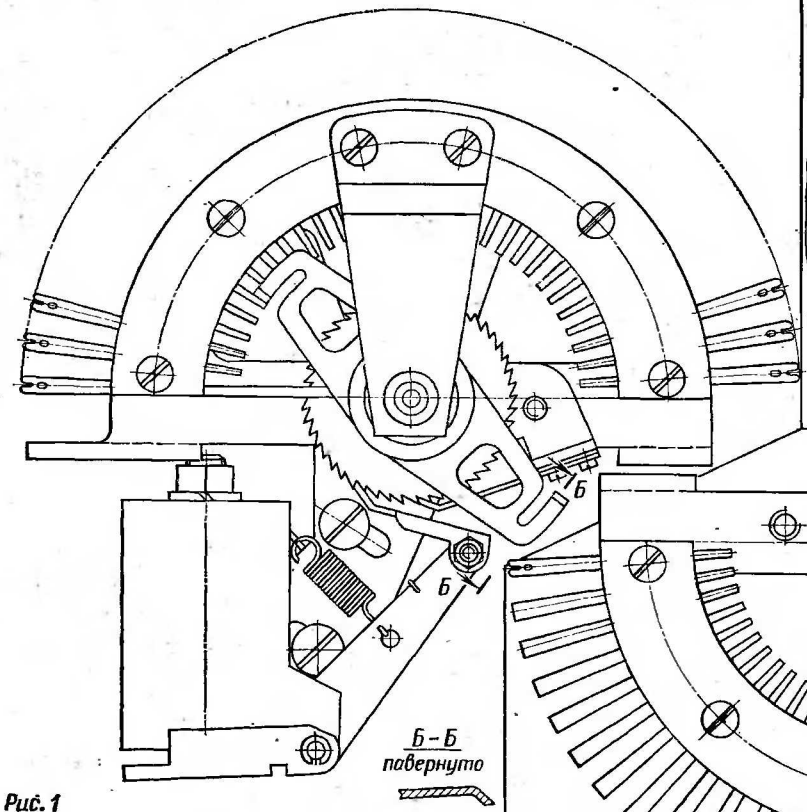


Рис. 1



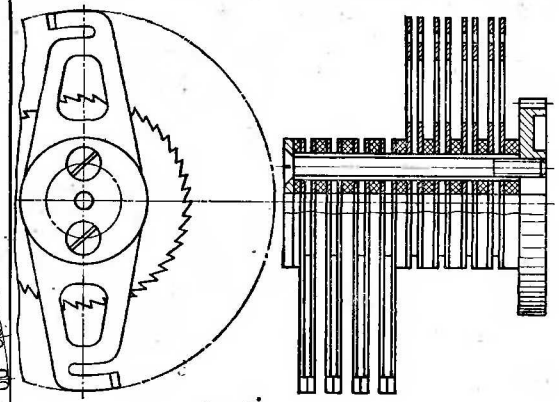
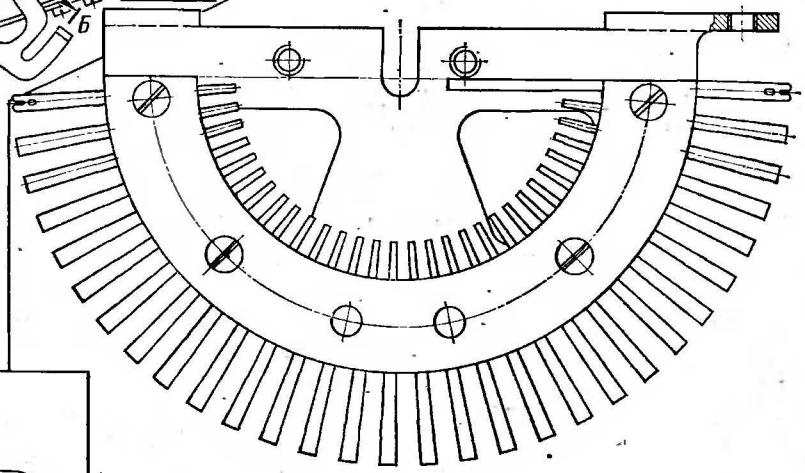



Рис. 3



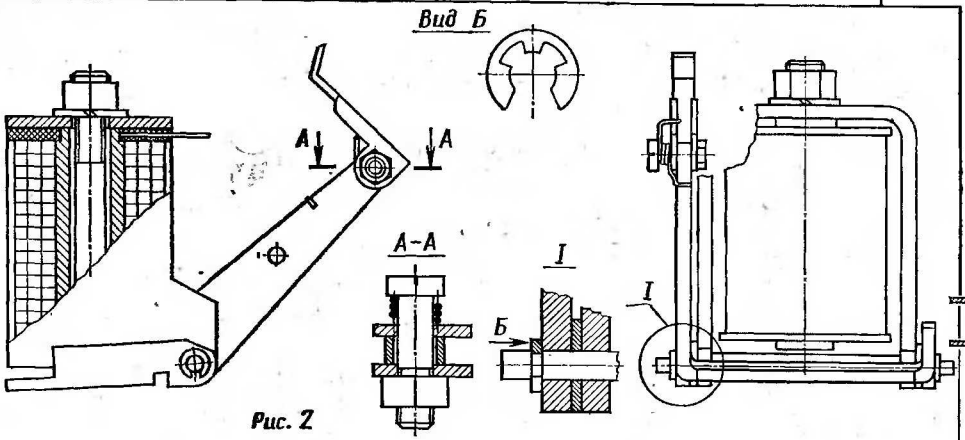



Рис. 2

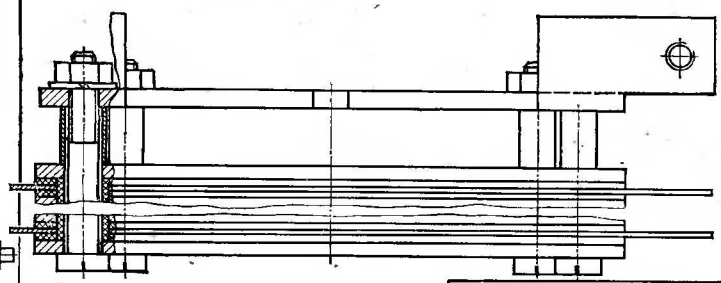
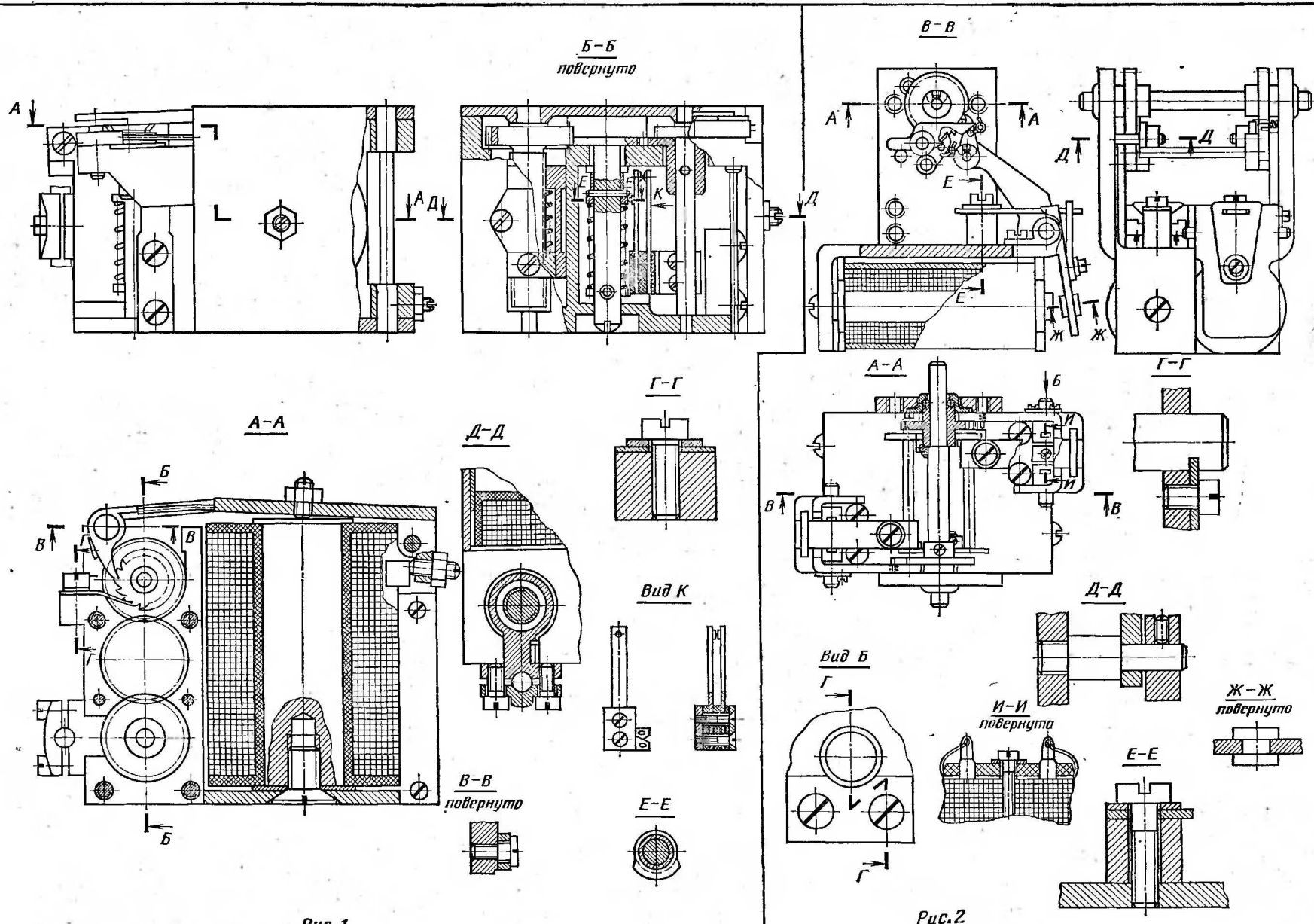


Рис. 4

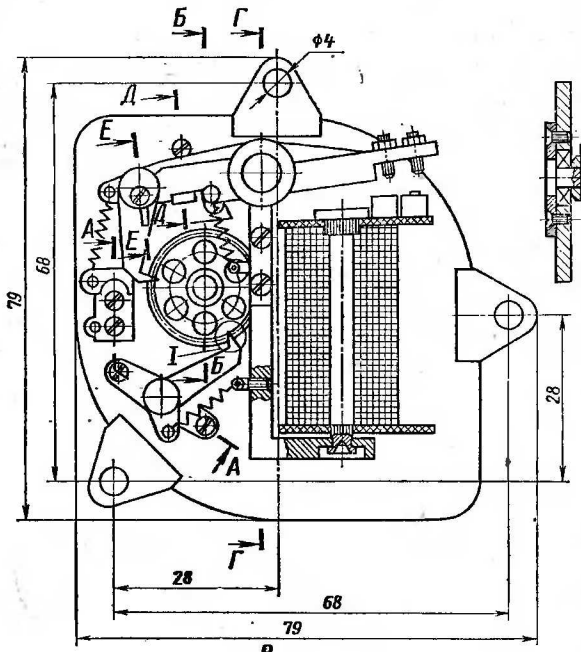
Электромагнитный механизм и его элементы

Лист 57

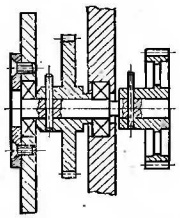



Электромагнитные механизмы

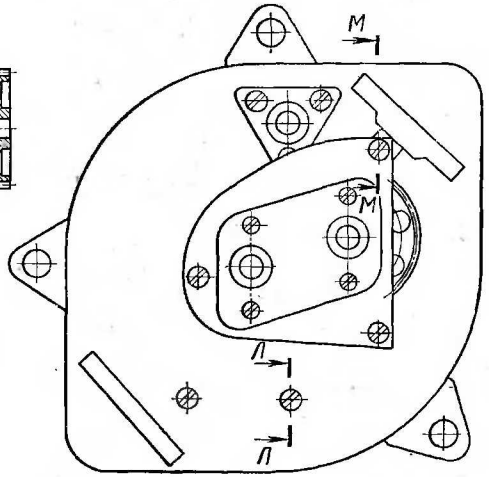
Лист 58



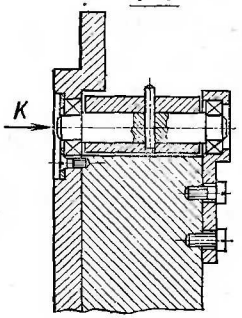

Б–Б



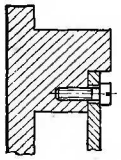
Вид К



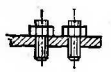

Г–Г



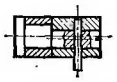

М–М

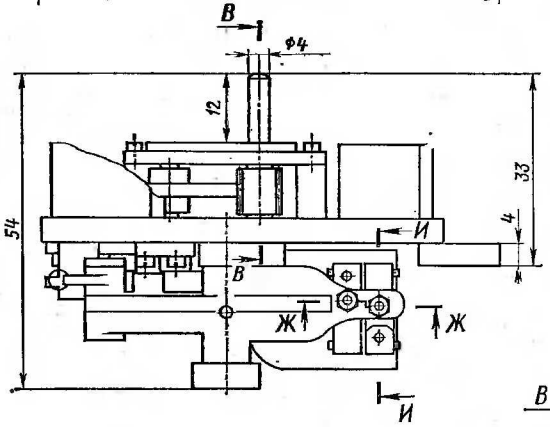


Ж–Ж

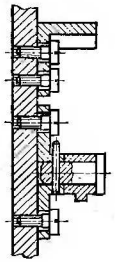


Е–Е повернуто

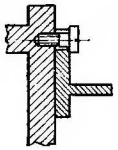




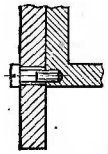

А–А



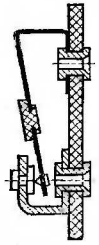
Д–Д



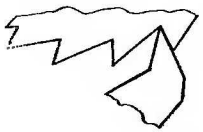
Л–Л повернуто



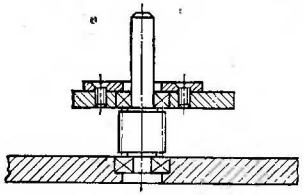
И–И
увеличено



I

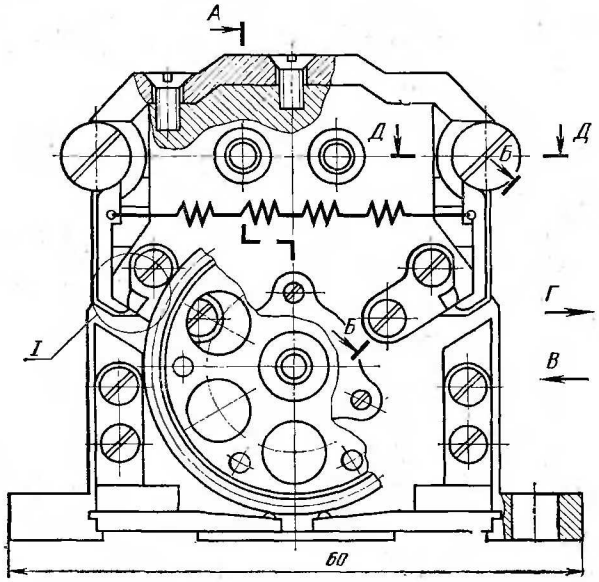


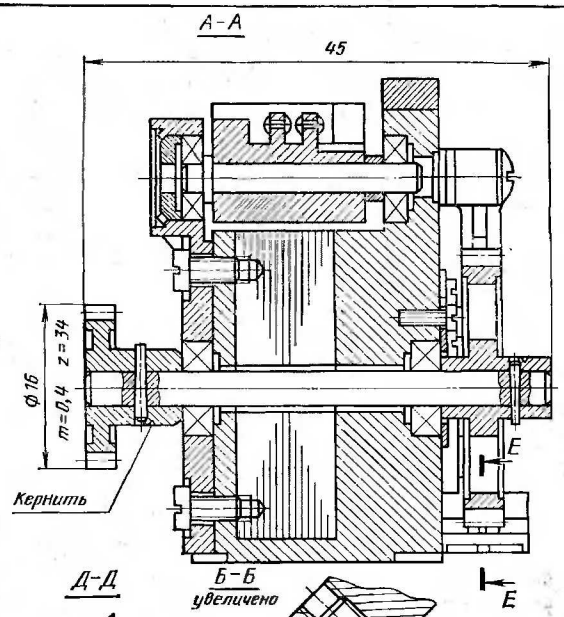
В–В

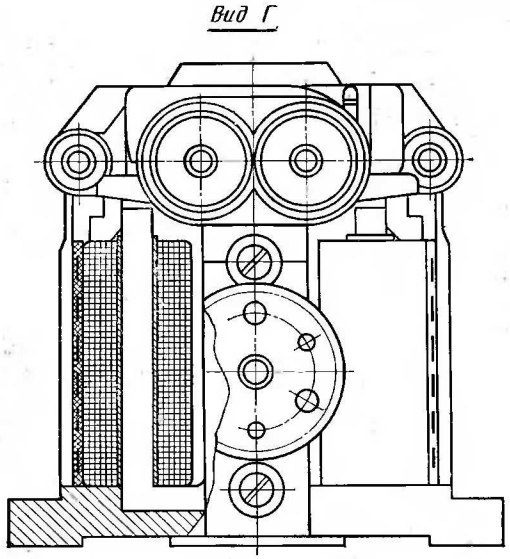


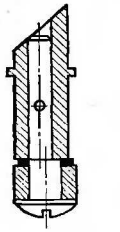
### Техническая характеристика

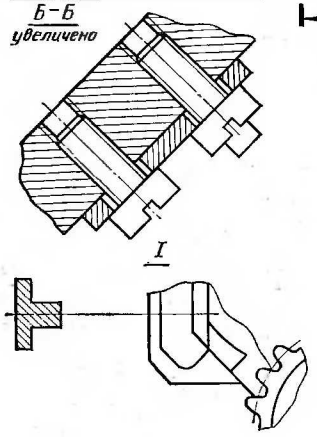
| | | |
|---|---|---|
| Напряжение питания обмотки шагового двигателя, В: | | |
| а) максимальное постоянное в длительном режиме | — | 28 |
| б) номинальное напряжение амплитуды прямоугольных импульсов в длительном режиме | — | 36 |
| в) максимальное напряжение амплитуды прямоугольных импульсов в кратковременном режиме (10 мин) | — | 50 |
| Максимальная частота срабатывания при номинальном напряжении импульсов при длительности импульса 0,05 с, Гц | — | 10 |
| Угол поворота выходного валика за 1 импульс, град | — | 22,5 |
| Момент, развиваемый на выходном валике, Н·мм | — | 200 |
| Сопротивление: | | |
| обмотки, Ом | — | 19±2 |
| изоляции, кОм | — | Не менее 500 |
| Условия работы | — | Нормальные |

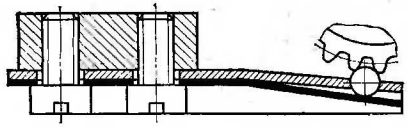


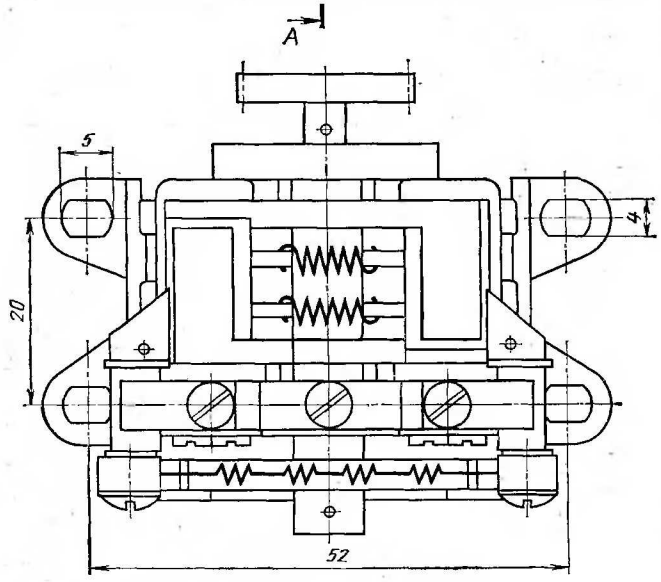



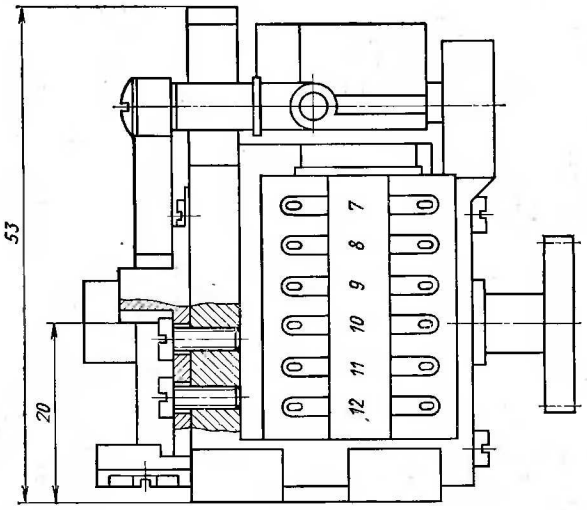



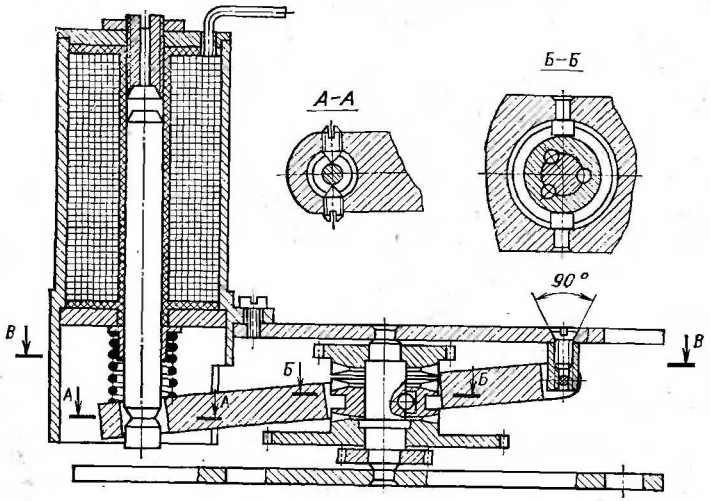




| Электромагнитные механизмы | Лист 60 |
|---|---|



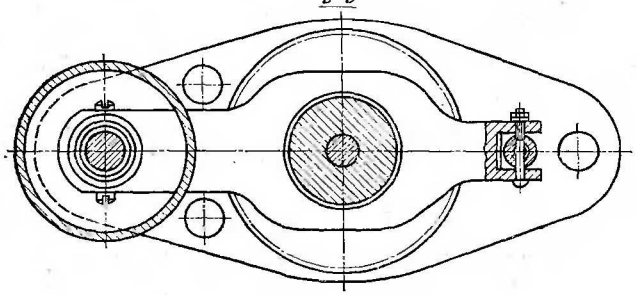
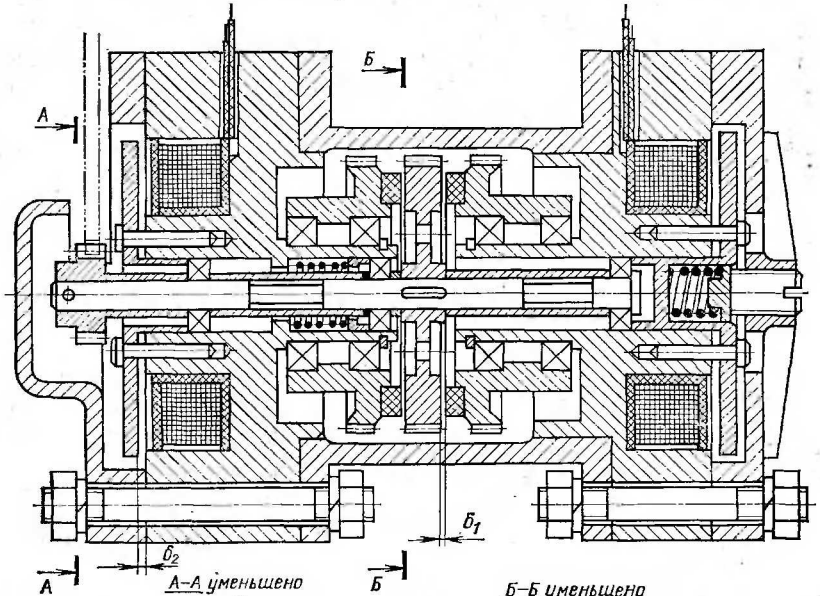




Рис. 1



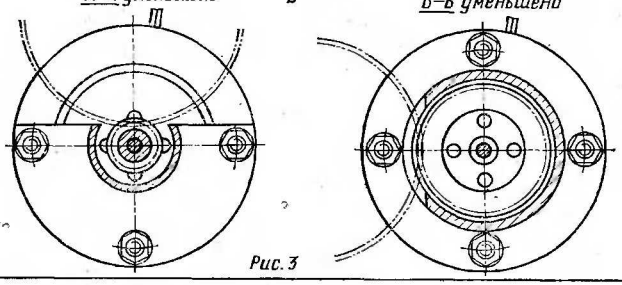




Рис. 3

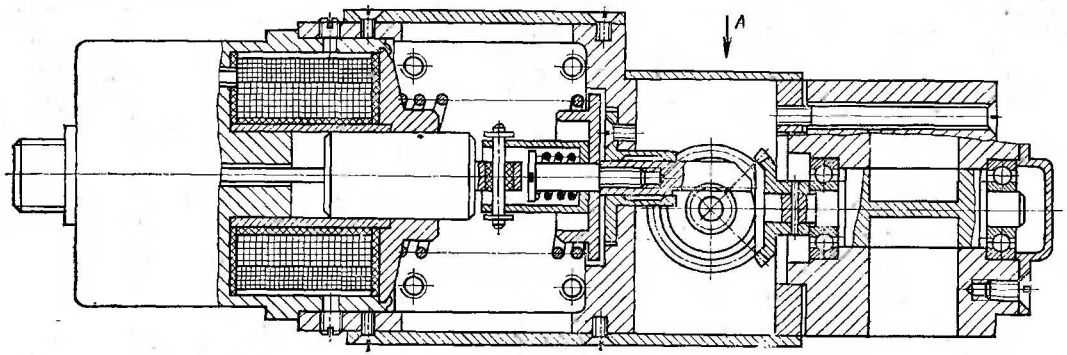
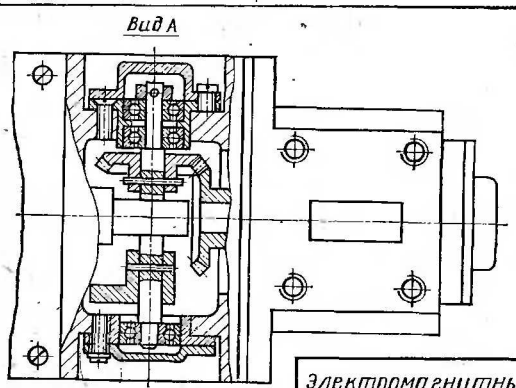



Рис. 2




Электромагнитные механизмы

Лист 61

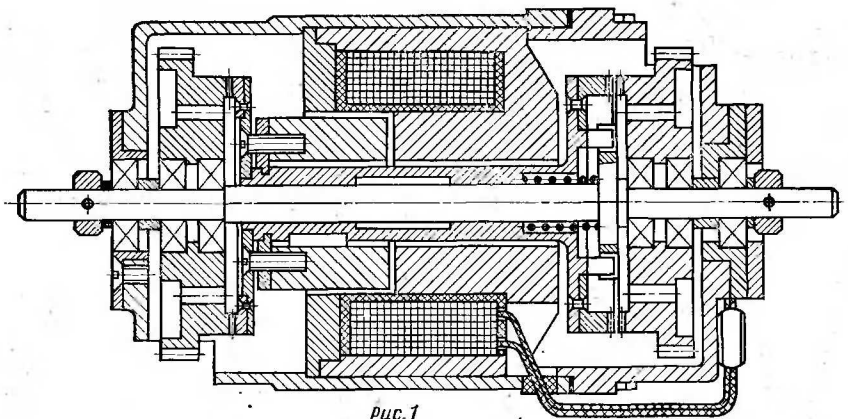


Рис.1

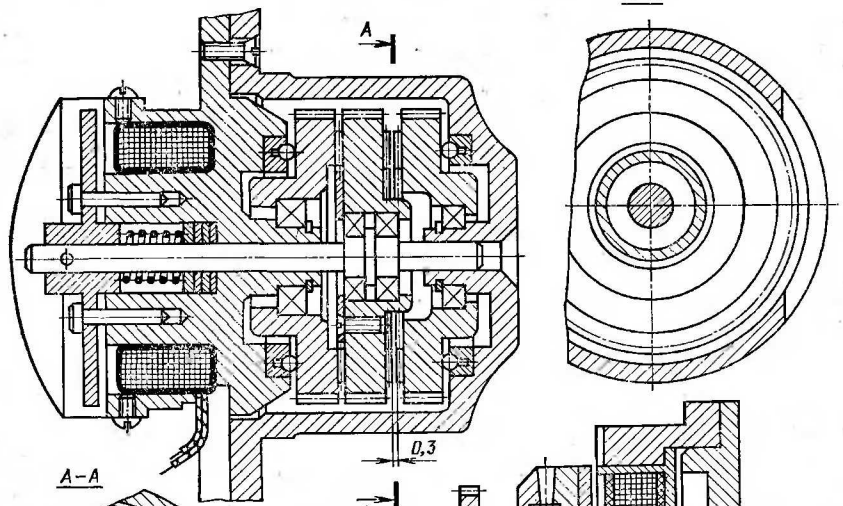



Рис.2

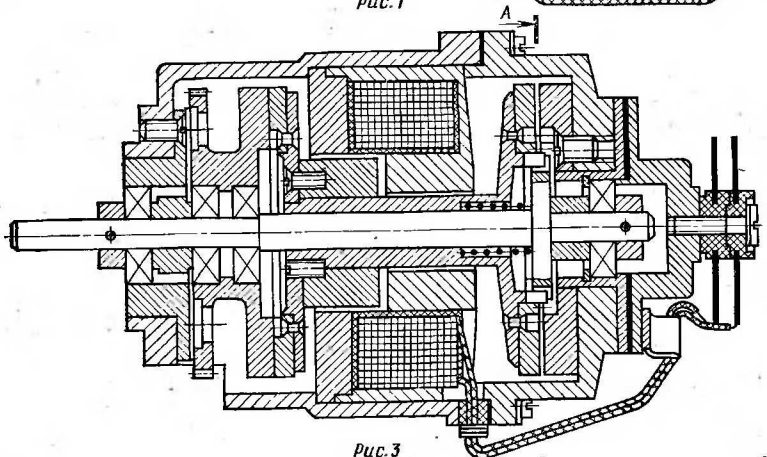
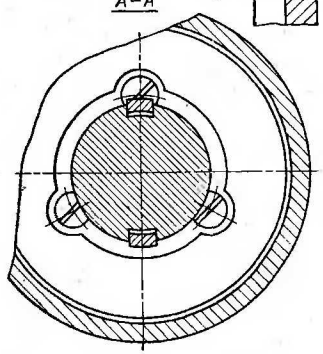



Рис.3



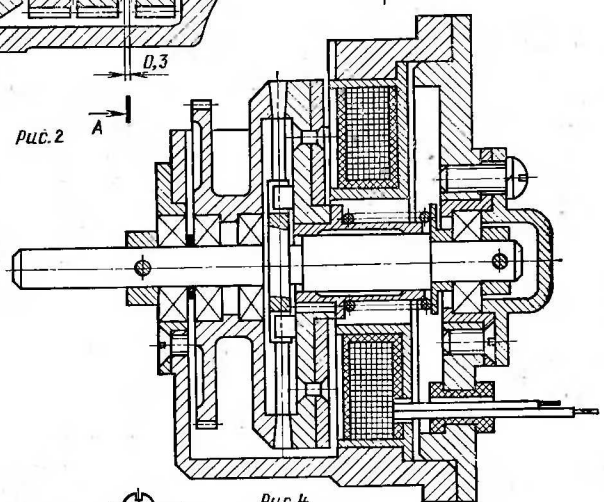



Рис.4

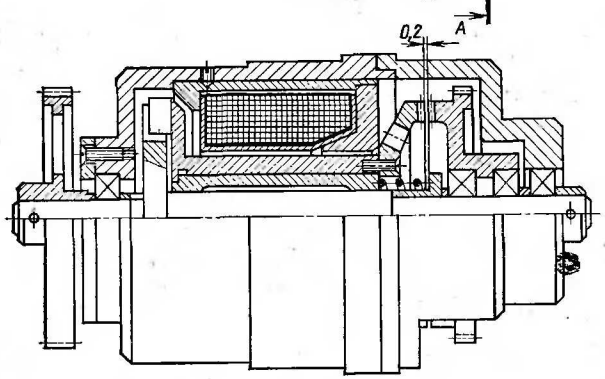



Рис.5

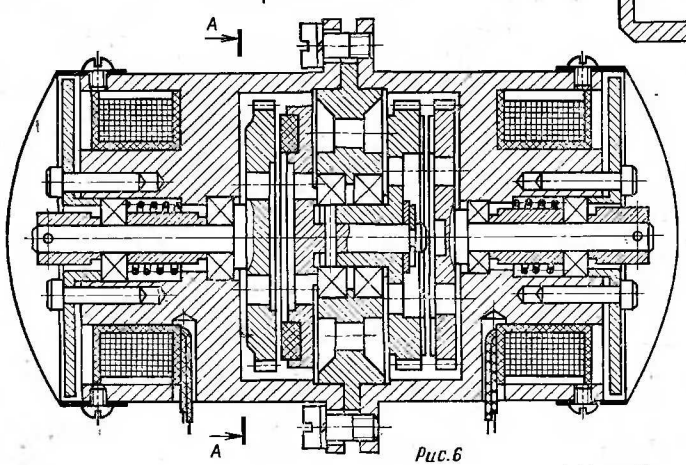
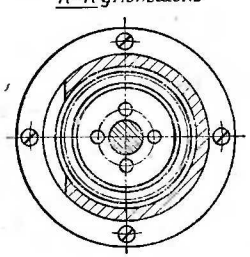
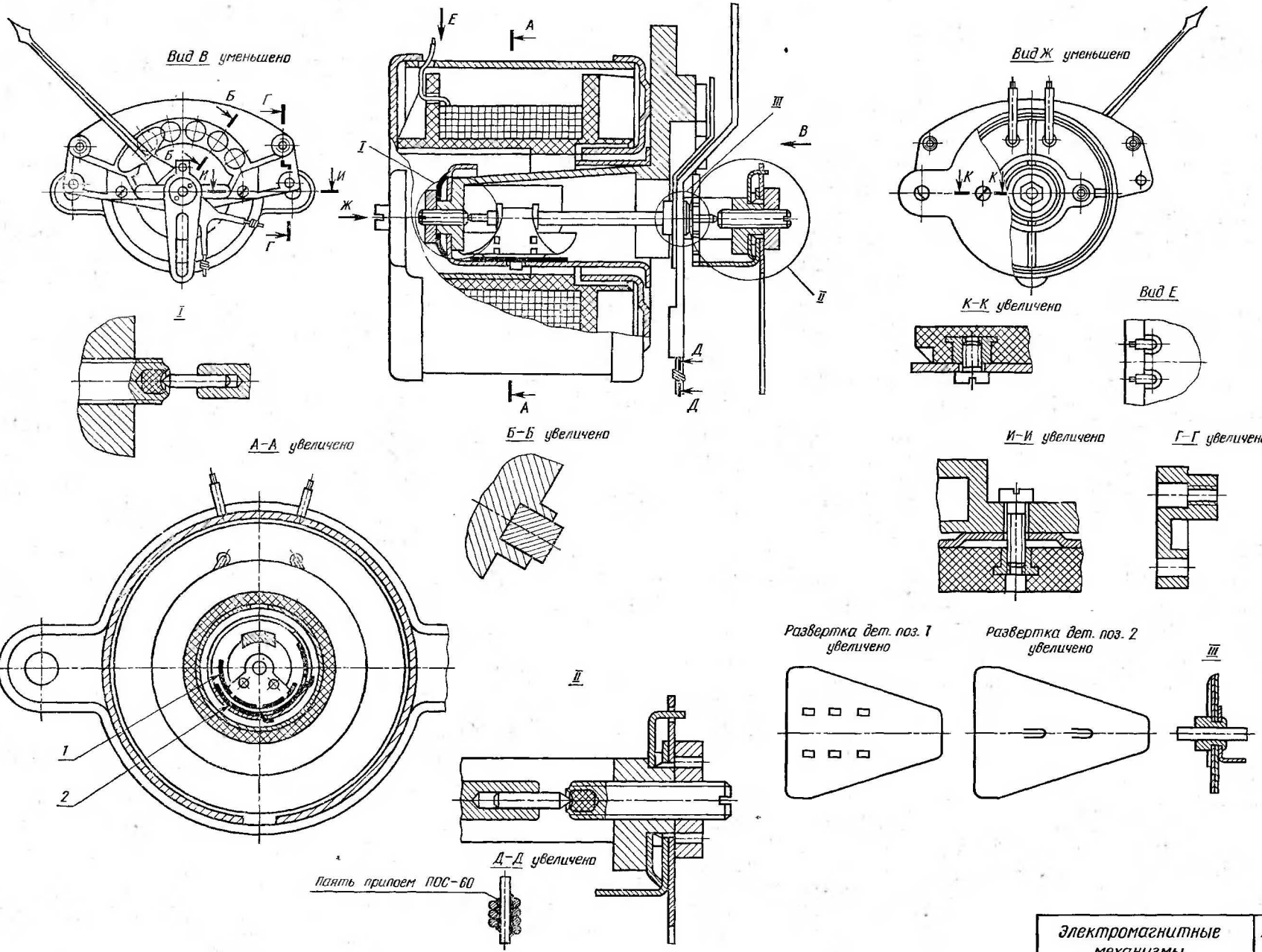



Рис.6

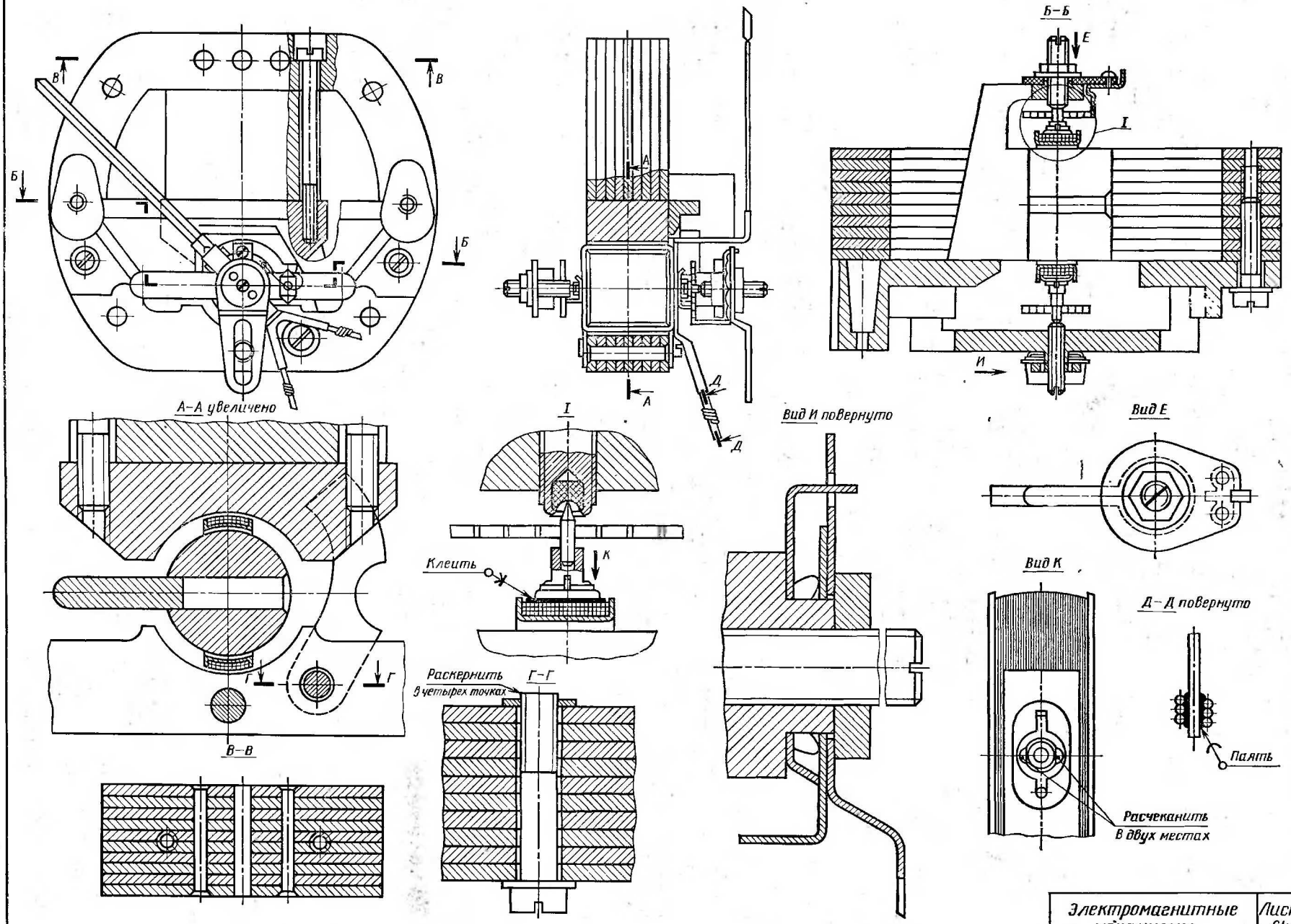
А–А уменьшено



| Электромагнитные механизмы | Лист 62 |
|---|---|




| Электромагнитные механизмы | Лист 63 |
|---|---|




| Электромагнитные механизмы | Лист 64 |
|---|---|

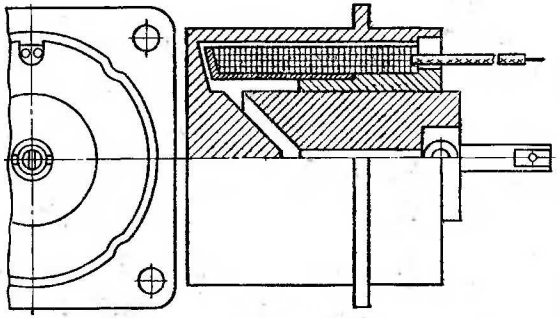


Рис. 1

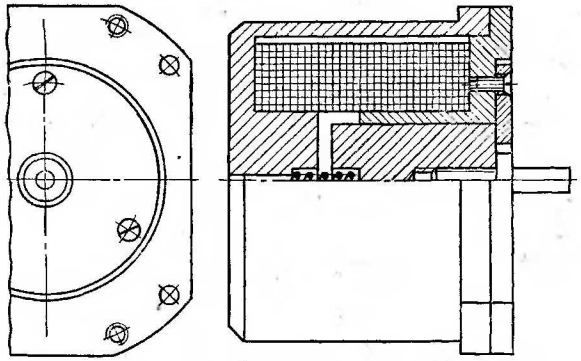


Рис. 4

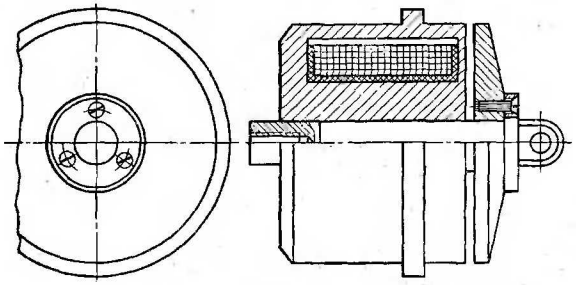


Рис. 8

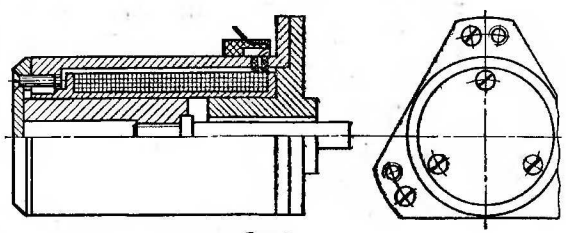


Рис. 2

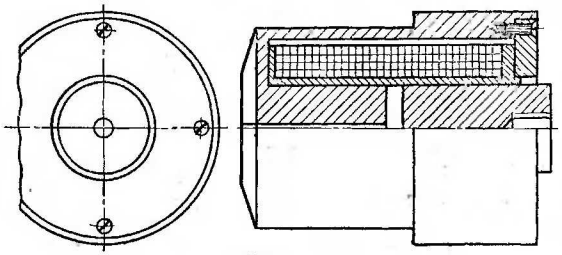


Рис. 5

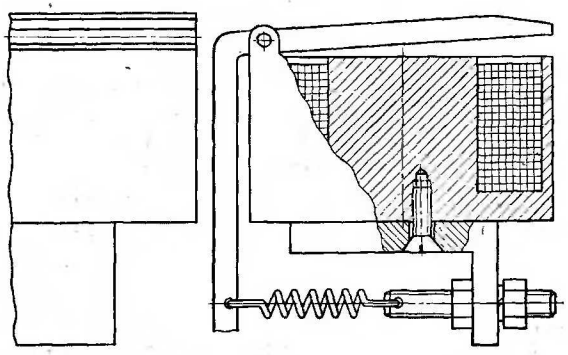
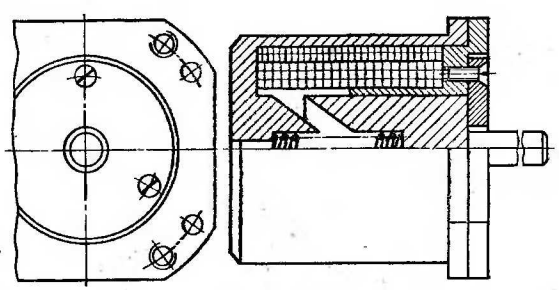


Рис. 9



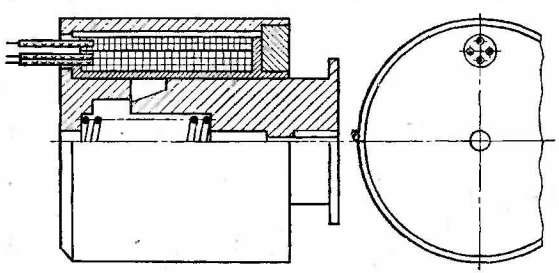


Рис. 6

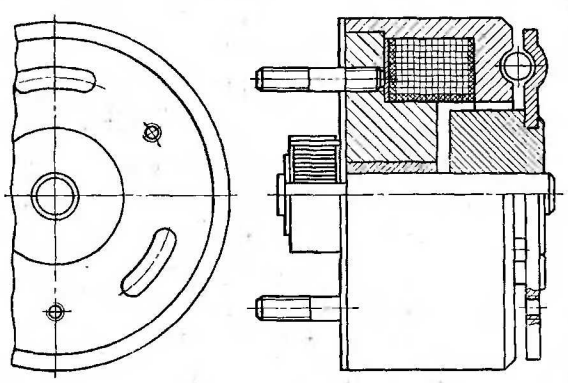


Рис. 10

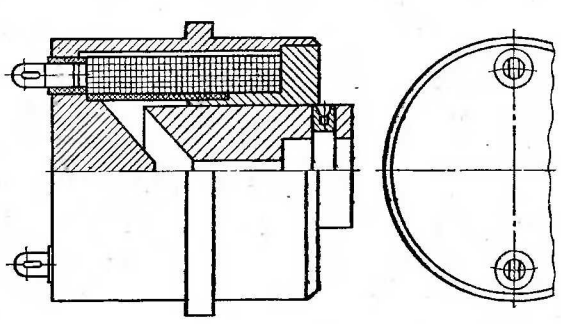


Рис. 3

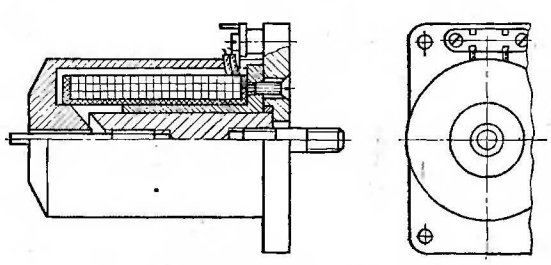


Рис. 7

| Электромагнитные механизмы | Лист 65 |
|---|---|

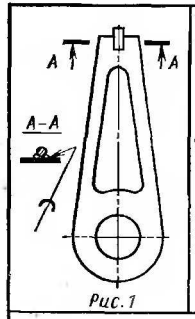



Рис. 1

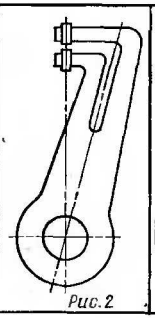


Рис. 2

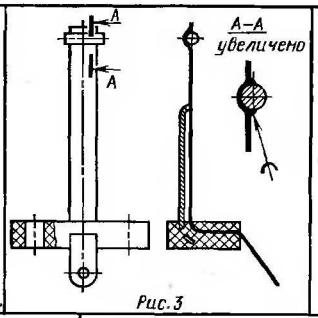



Рис. 3

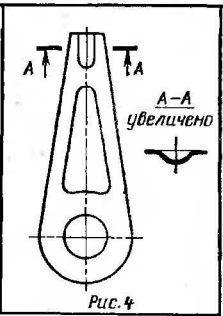



Рис. 4

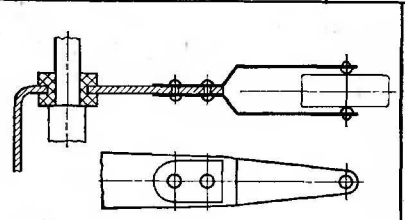
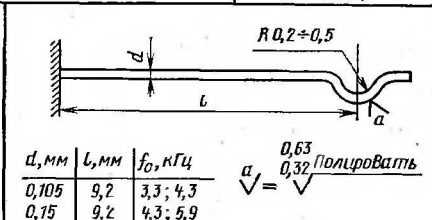


Рис. 5




| d, мм | l, мм | $f_0$, кГц |
|---|---|---|
| 0,105 | 9,2 | 3,3 ; 4,3 |
| 0,15 | 9,2 | 4,3 ; 5,9 |
| 0,15 | 12,0 | 3,0 ; 4,1 |

$a = \frac{0,63}{0,32}$ Полировать

Рис. 6

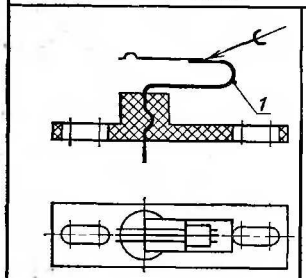



Рис. 7

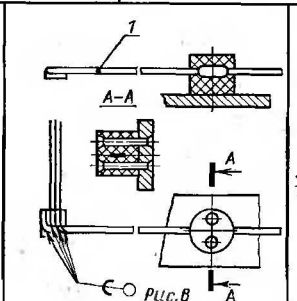



Рис. 8

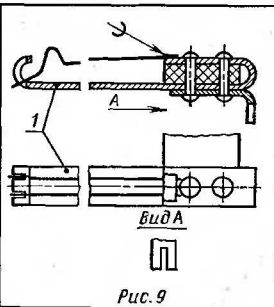



Рис. 9

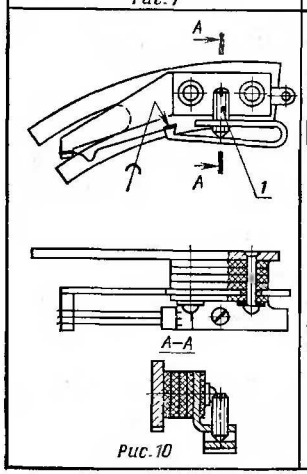



Рис. 10

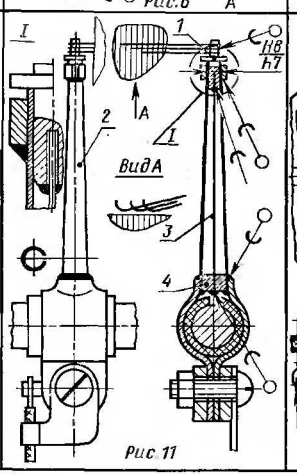



Рис. 11

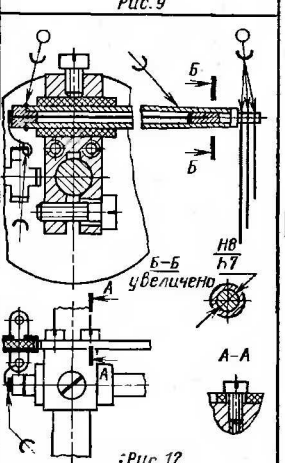



Рис. 12

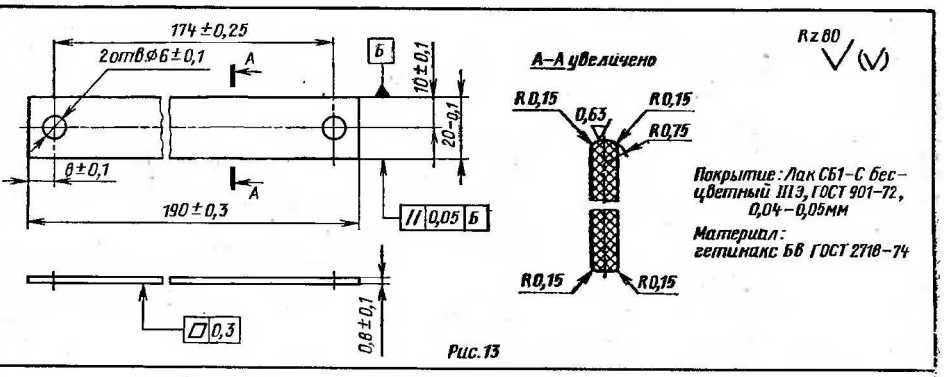



Рис. 13

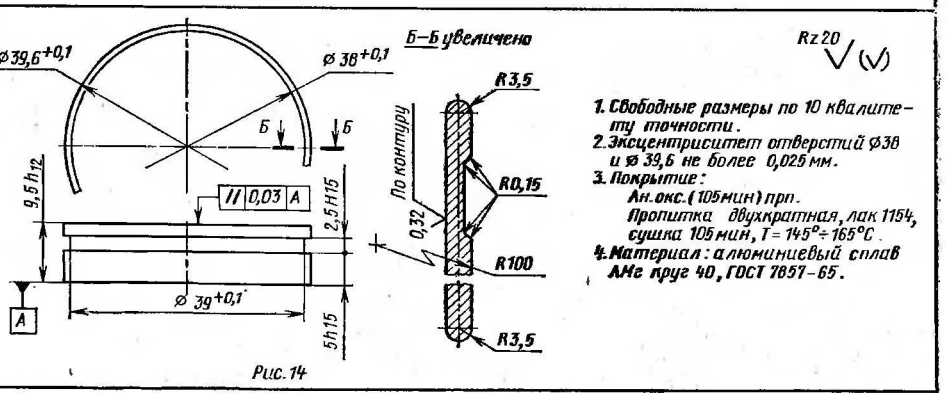



Рис. 14

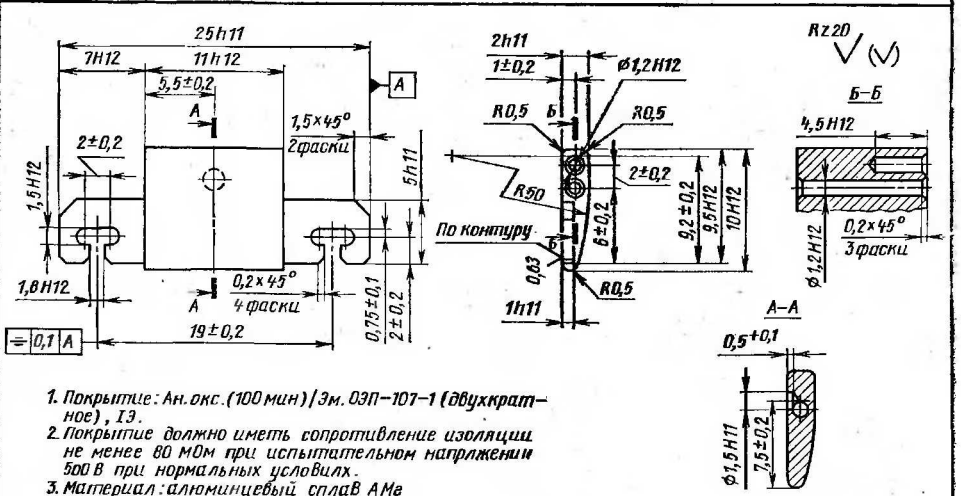
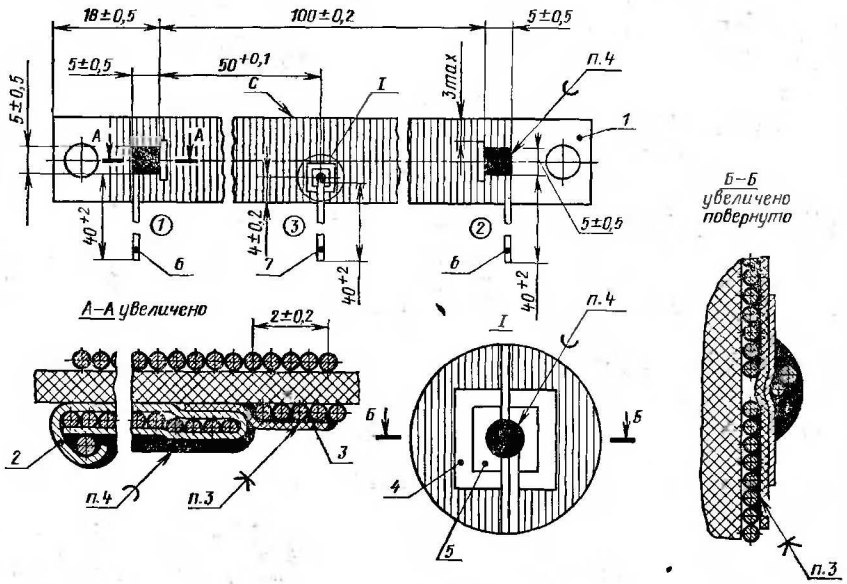



Рис. 15

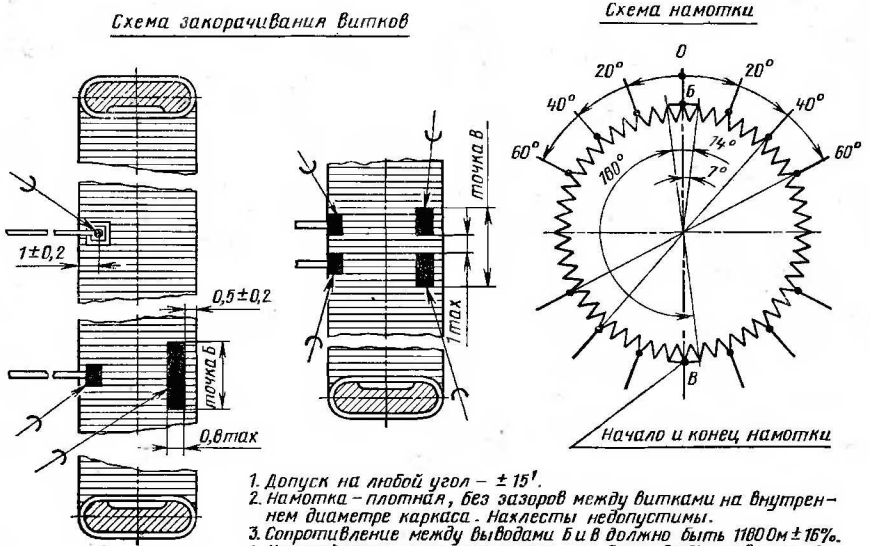
Потенциометры

Лист 66



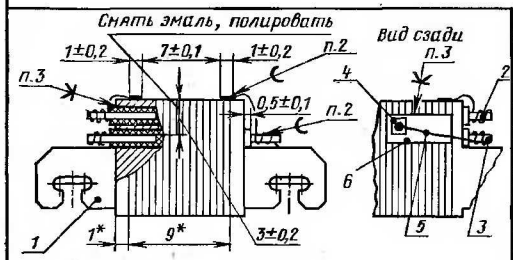

1. Провод ПЭЗлХ–0,5 Ø0,06 мм мотать плотно виток к витку.
2. Выводные провода поз.6 (ПЭВ–2 Ø0,12) и поз.7 (ПЭВ–2 0,1) зачистить с обоих концов на 2...3 мм.
3. Подкладки поз. 3 и 4 ставить на клей БФ–4.
4. Выводы поз.6 и 7 и пластины поз. 2 и 5 лапть и витки закорачивать припоем ПОС–61 ГОСТ 1499–73 с бескислотным флюсом. Высота припол 0,6 max мм.
5. Места пайки покрыть лаком УР–231 по инструкции.
6. Витки обмотки на каркасе поз.1 закрепить лаком МГМ–16 ВТУ МЭП ОАА 504.006–53.
7. Поверхность С обмотки зачистить от эмали и полировать в пределах размера 100±0,2.
8. Сопротивление между выводами 1–2 $R_{1-2}$ = 1100 Ом ± 10%. Разность сопротивлений между выводами 1–3 и 2–3 не более 10 Ом.
9. Прочность изоляции проверять при напряжении 500 В.
10. Транспортировку и демонтажное хранение осуществлять с выводами поз.6 и 7, прикрепленными к потенциометру резиновыми зажимами. Избегать соприкосновения зажимов и выводов с поверхностью С

Рис.1




1. Допуск на любой угол – ± 15'.
2. Намотка – плотная, без зазоров между витками на внутреннем диаметре каркаса. Наклесты недопустимы.
3. Сопротивление между выводами б и в должно быть 1160 Ом ± 15%.
4. Нелинейность характеристики – не более 0,3% (проверять до закорачивания начального и конечного витков в точке в).

Рис.2




1. Провод ПЭЗл–91 Ø0,043 мм мотать плотно виток к витку.
2. Паять припоем ПОС 61 с канифолью.
3. Колодки поз. 2 и 3 в корпус поз. 1 и подкладку поз. 6 на обмотку ставить на клее БФ–4.
4. Обмотку закрепить на каркасе поз. 1 эмалью ПЭП–107–1 ВТУ ГИПИ–4 24–57.
5. Общее сопротивление – 515 Ом ± 10%. Разность сопротивлений участков – не более 3 Ом.
6. Испытательное напряжение – 500 В

Рис.3

* Размеры для справок.
Рабочий чертеж каркаса поз. 1 приведен на листе 66.

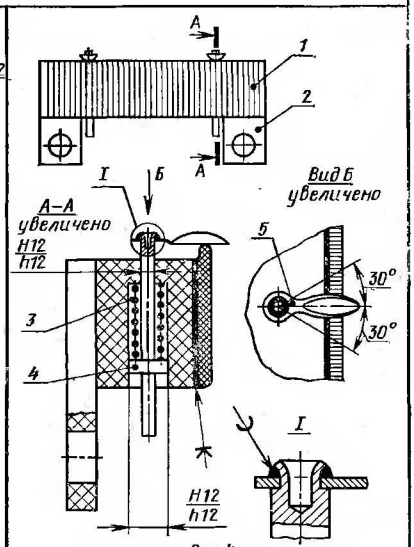
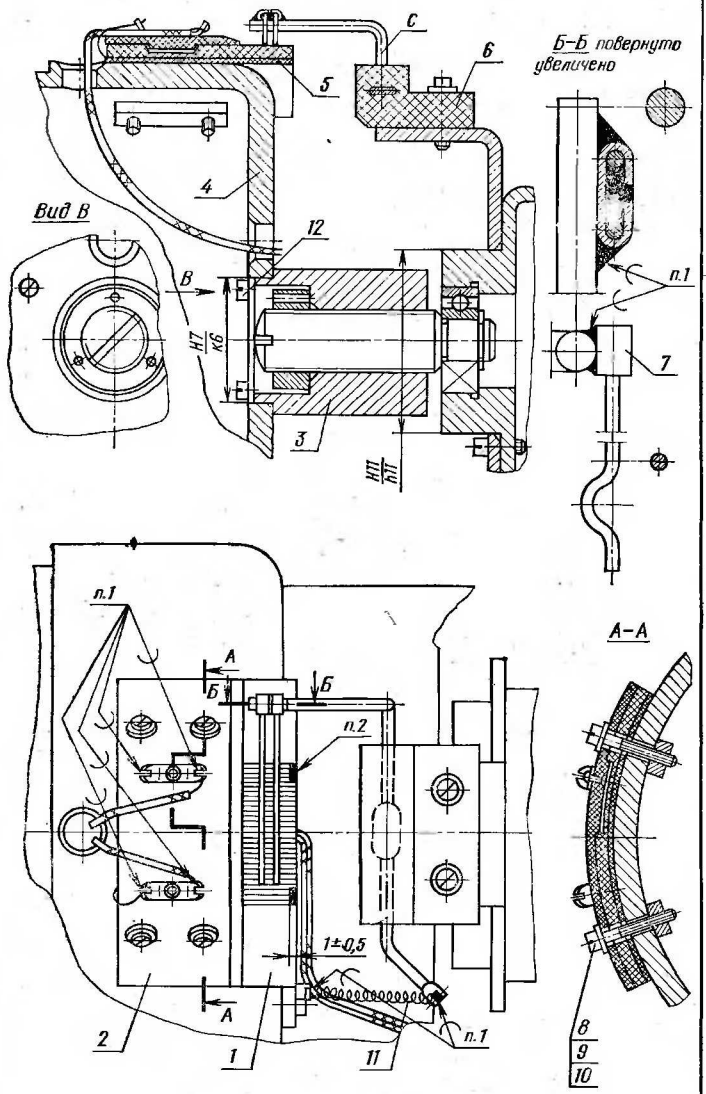



Рис.4

Потенциометры | Лист 67




1. Паять припоем ПОССу61–0,5 с бескислотным флюсом. Перед пайкой провод поз. 11 навить спиралью ф2... 3 мм.
2. При регулировке закоротить концевые участки обмотки пайкой припоем ПОССу61–0,5 с флюсом КЭЦ.
3. Контактное усилие двух щеток 0,04... 0,06 Н. Регулировать изгибом щеткодержателя С

Рис. 1

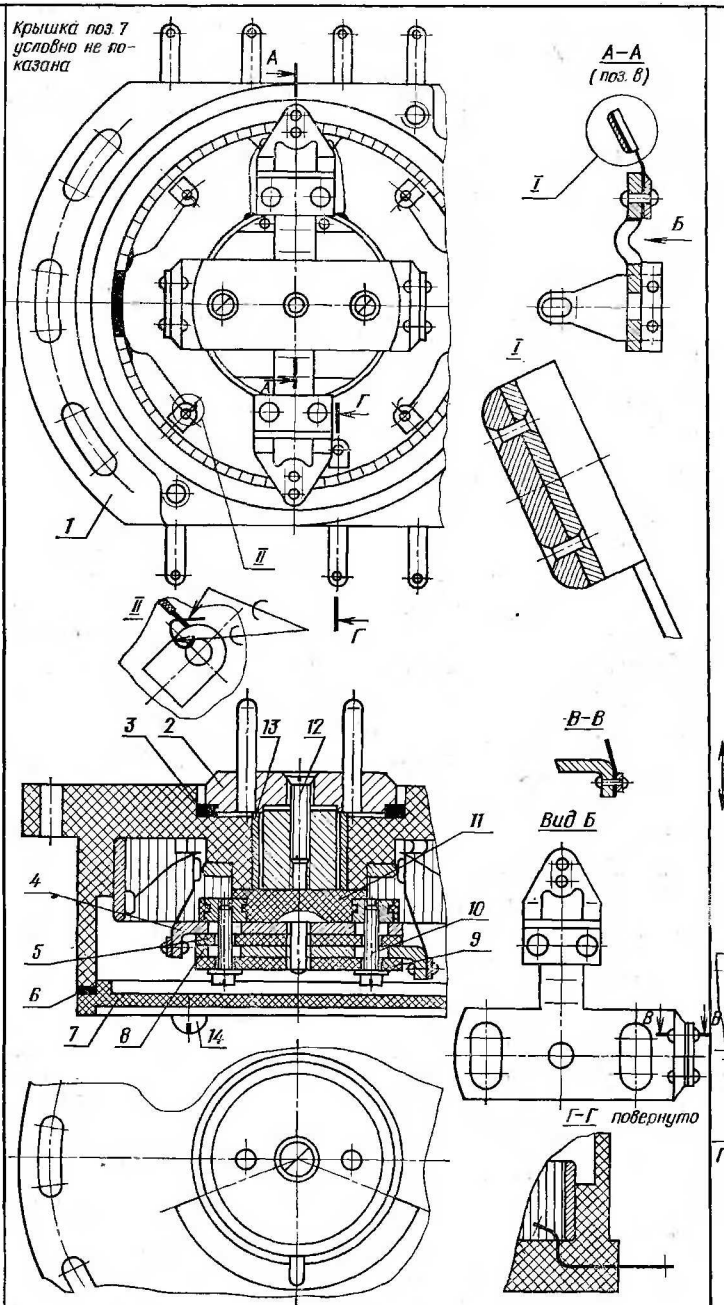



Рис. 2

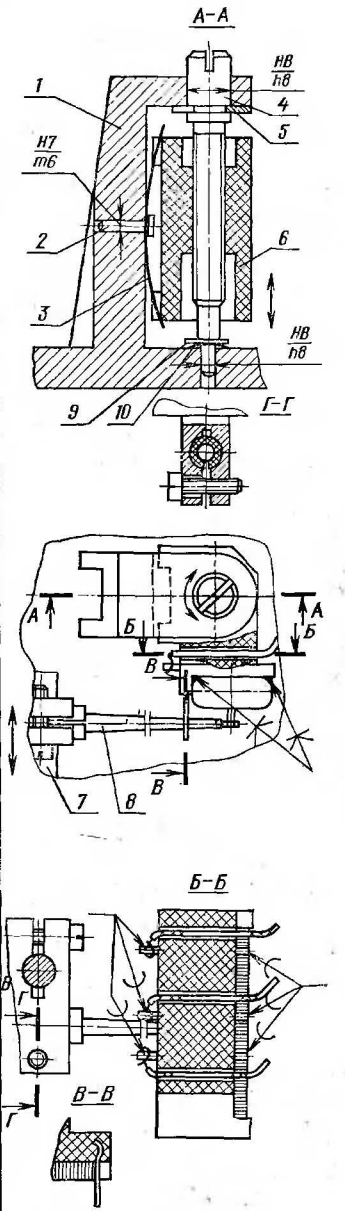



Рис. 3

Потенциометры | Лист 68

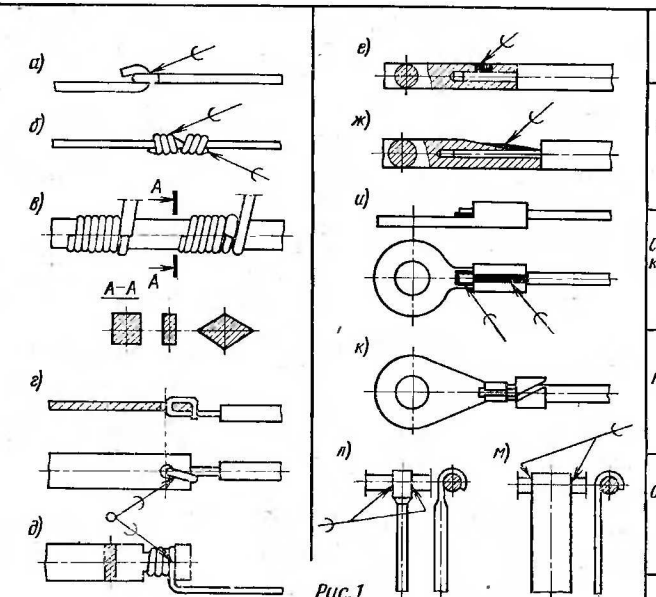
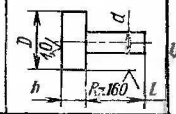
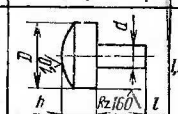
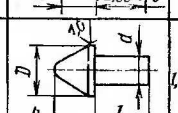
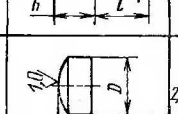
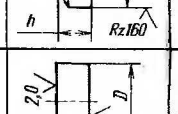
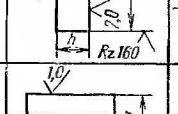
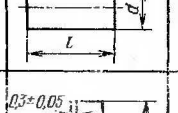



Рис. 1

| Типы контактов | | Размеры в мм D | d | h | l |
|---|---|---|---|---|---|
| С плоской головкой ПГ |  | 1,5–8,0 | 0,6–4,0 | 0,5–2,0 | 0,4–3,0 |
| Со сферической головкой СГ |  | 1,2–6,0 | 0,6–3,0 | 0,6–2,5 | 0,4–4,0 |
| Конический КГ |  | 1,0–3,0 | 0,6–2,0 | 0,8–1,5 | 0,4–2,5 |
| Сферический дисковый СД |  | 2,0–0,8 | — | 0,6–2,0 | — |
| Плоский дисковый ПД |  | 2,0–10,0 | — | 0,2–2,5 | — |
| Цилиндрический ПЦ |  | — | 0,5–1,5 | — | 1,5–10,0 |
| Биметаллический серебро-латунь С–Л |  | 2,5–10,0 | — | 1,0–3,0 | — |

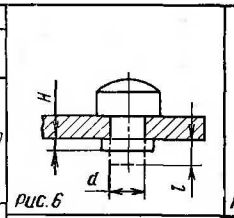


Рис. 6

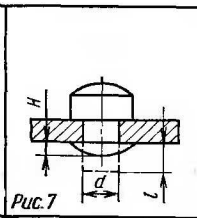


Рис. 7

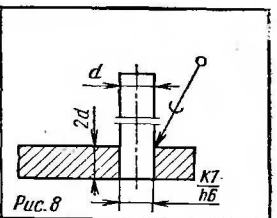


Рис. 8

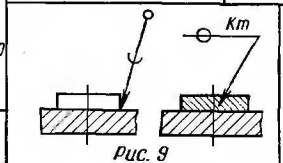


Рис. 9

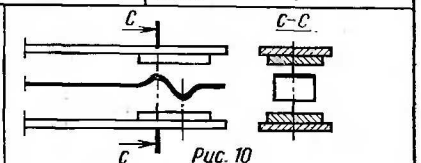


Рис. 10

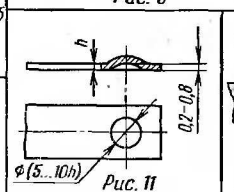


Рис. 11

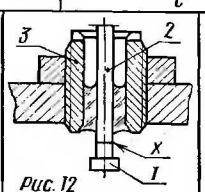


Рис. 12

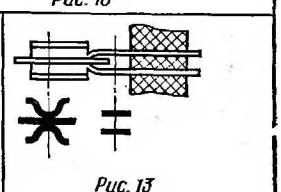


Рис. 13

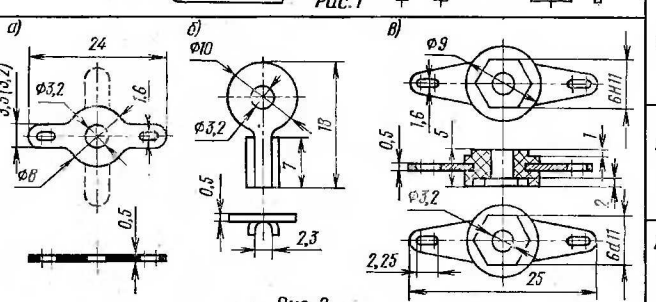



Рис. 2

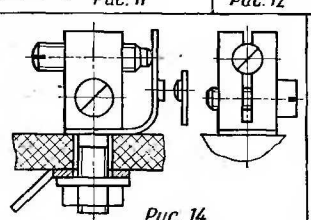


Рис. 14

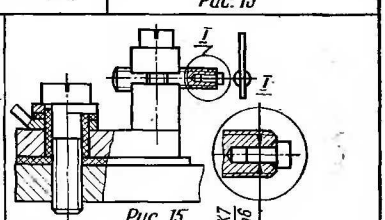


Рис. 15

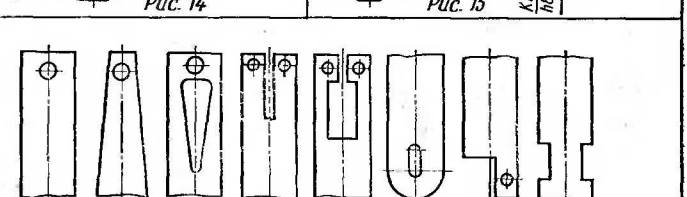


Рис. 16

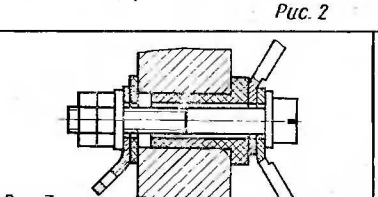


Рис. 3

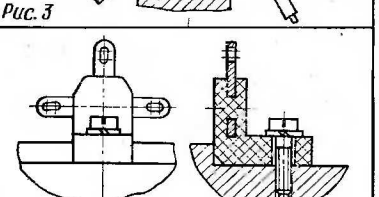


Рис. 4

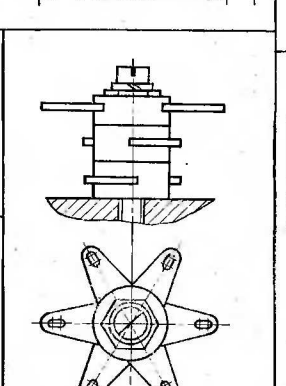


Рис. 5

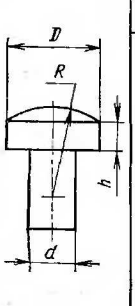



Рис. 6

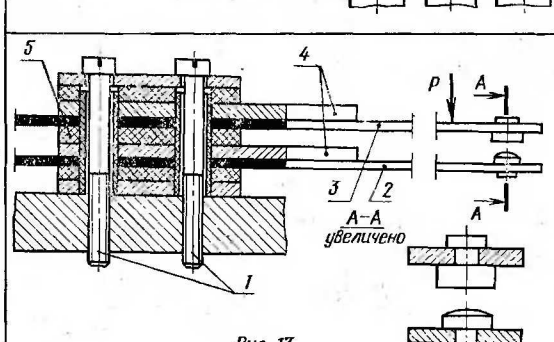



Рис. 17

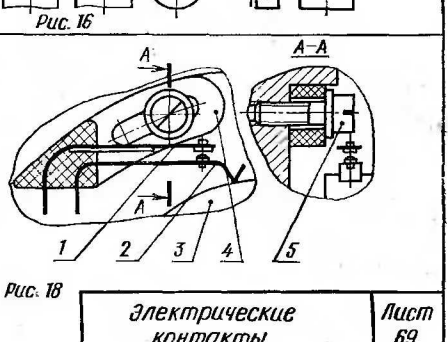



Рис. 18

Электрические контакты

Лист 69

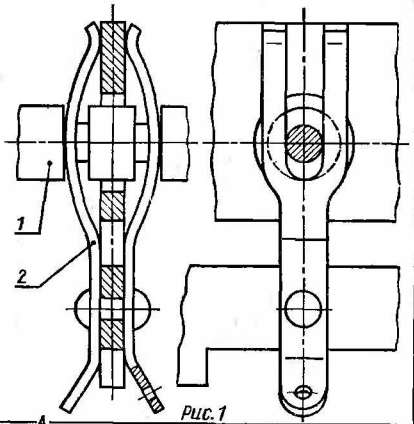



Рис. 1

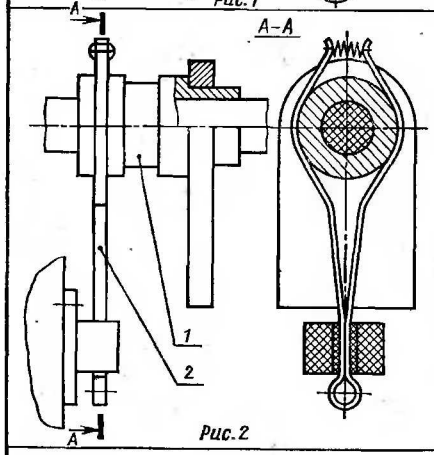



Рис. 2

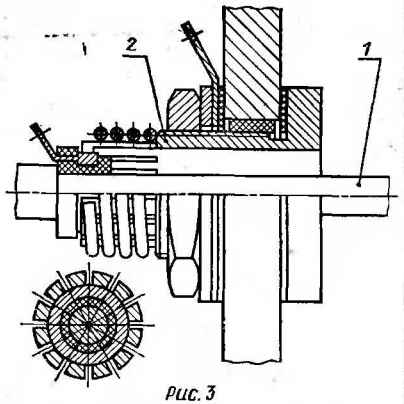



Рис. 3

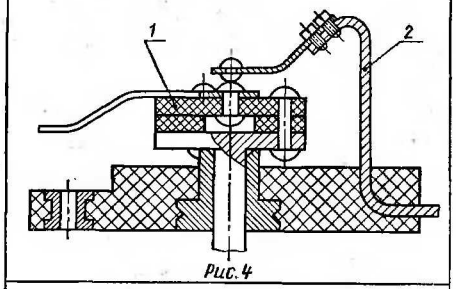



Рис. 4

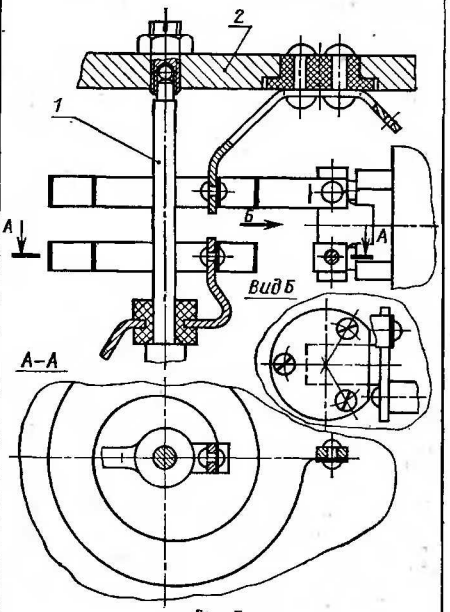



Рис. 5

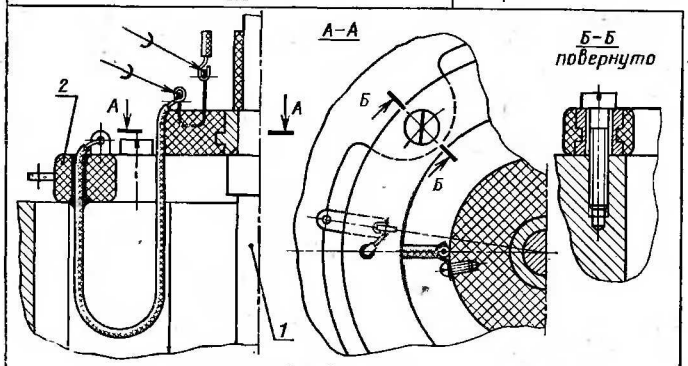
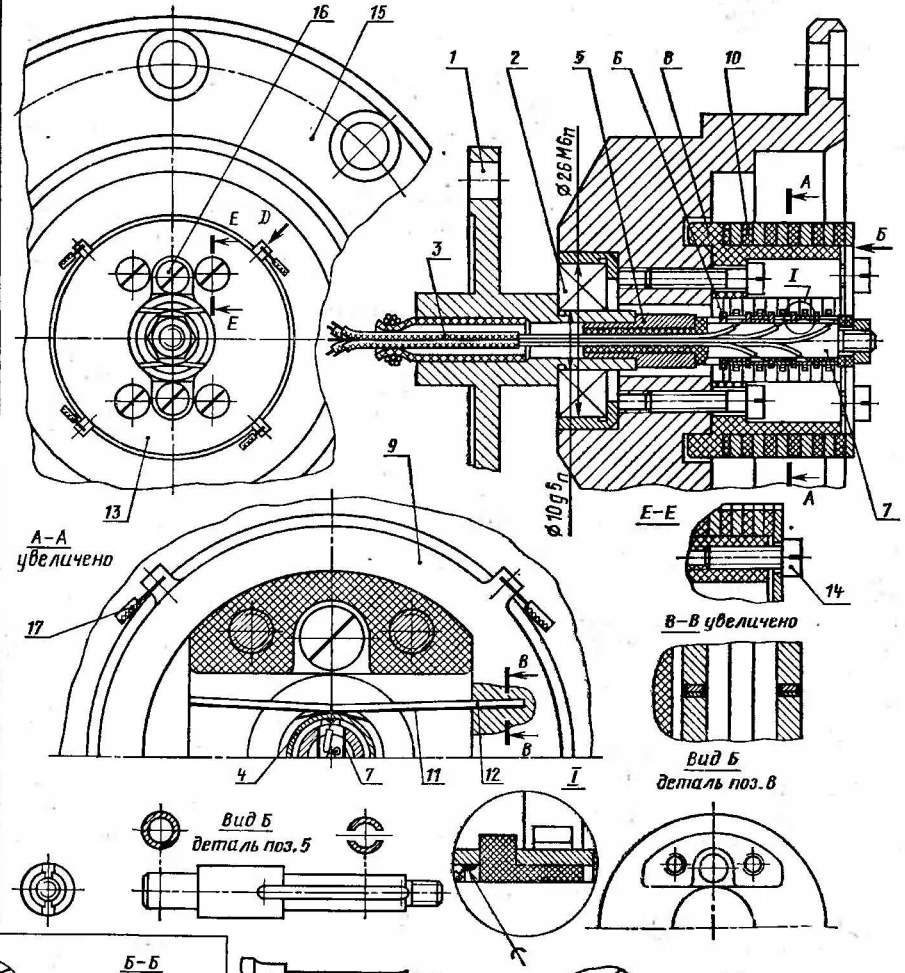



Рис. 6





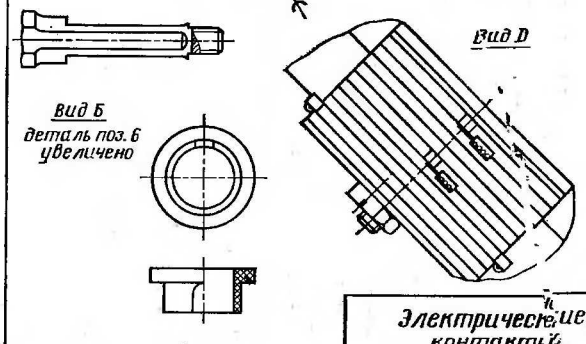




Рис. 7

Электрические контакты

Лист 70

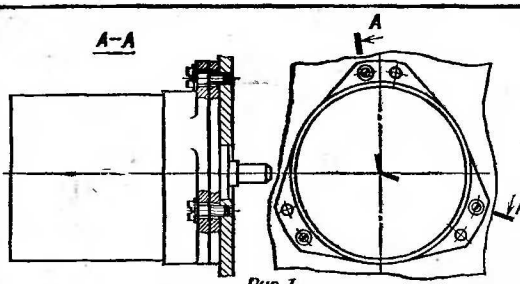


Рис. 1

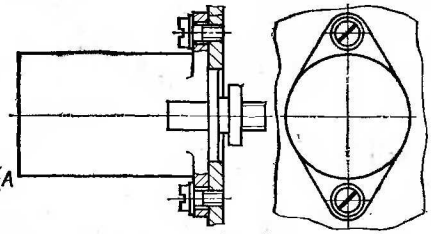


Рис. 2

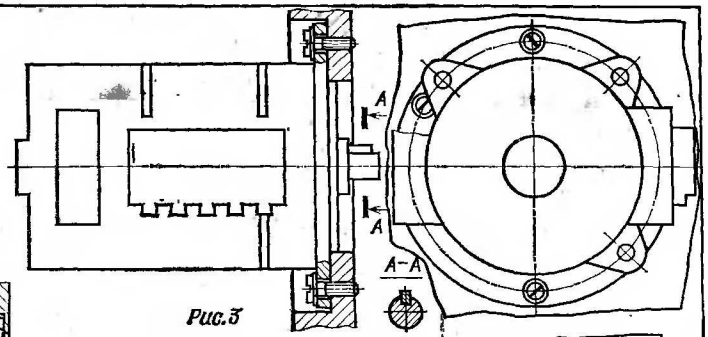
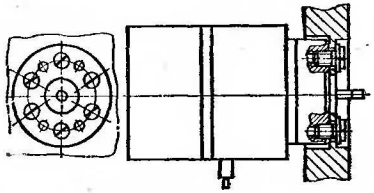
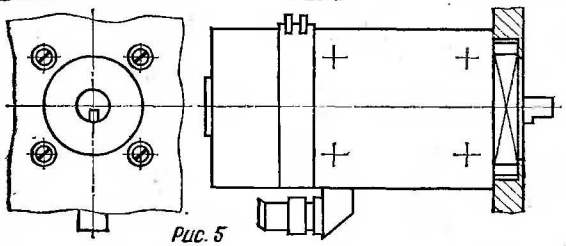
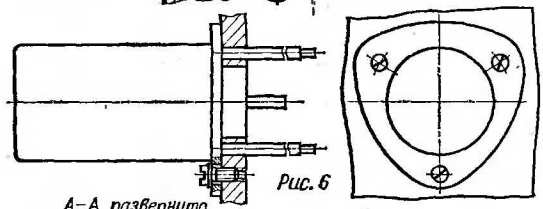


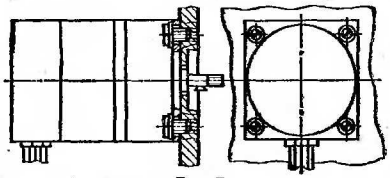
Рис. 3

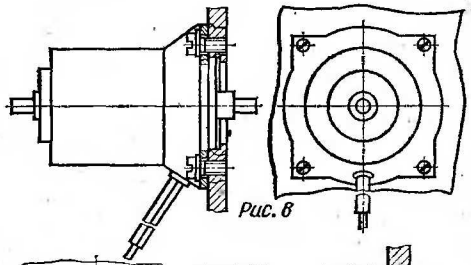

Рис. 4


Рис. 5


Рис. 6

А–А развернуто


Рис. 7


Рис. 8

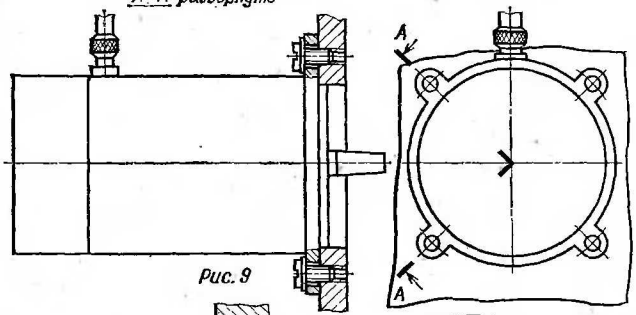
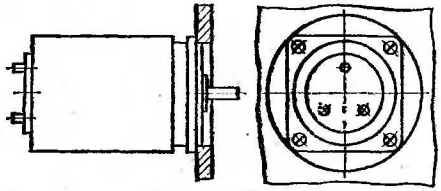
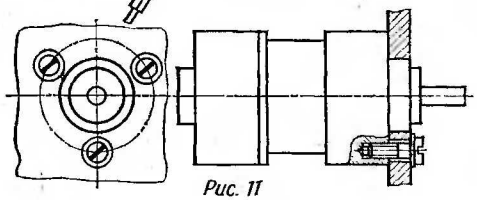


Рис. 9


Рис. 10


Рис. 11

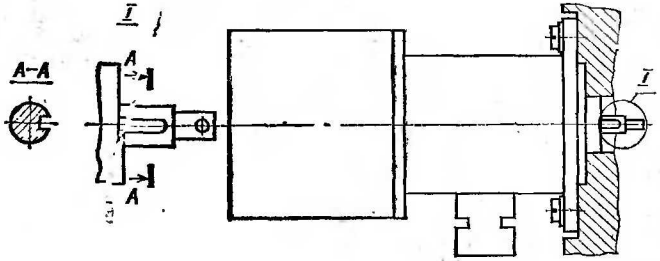
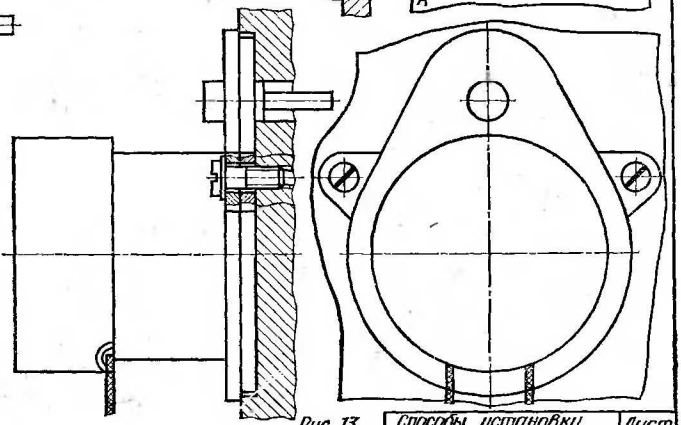
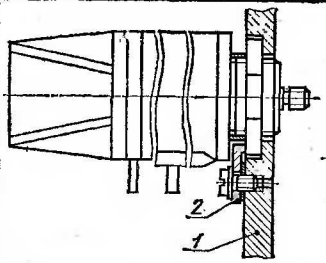


Рис. 12

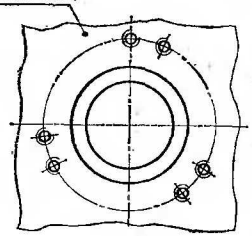

Рис. 13

Способы установки электродвигателей в корпус изделия

Лист 71




Деталь поз. 1



Деталь поз. 2

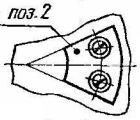


Рис. 1

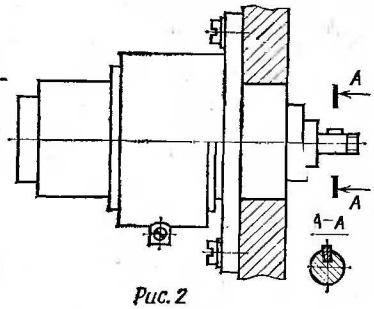
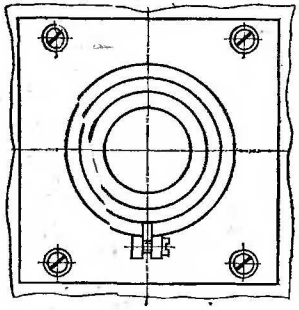



Рис. 2



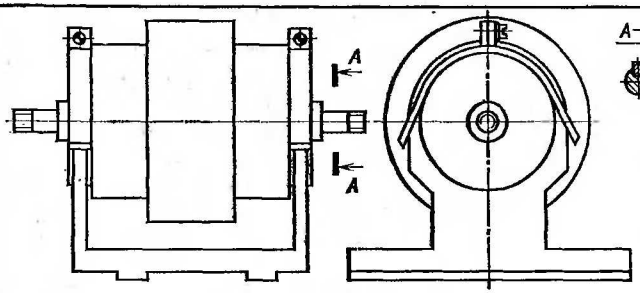



Рис. 3

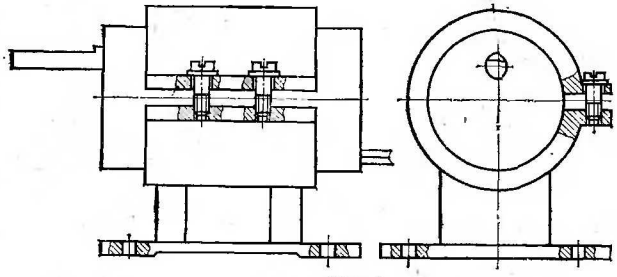


Рис. 4

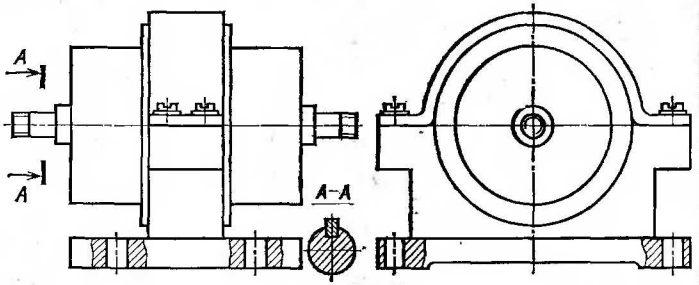



Рис. 5

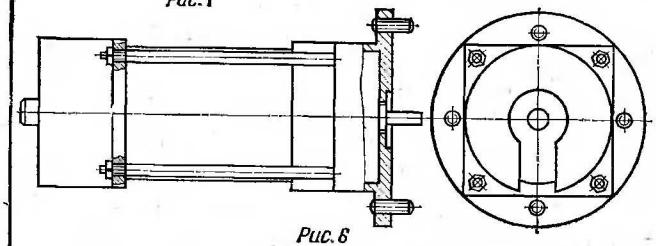


Рис. 6

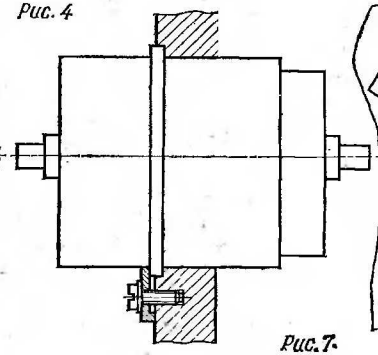
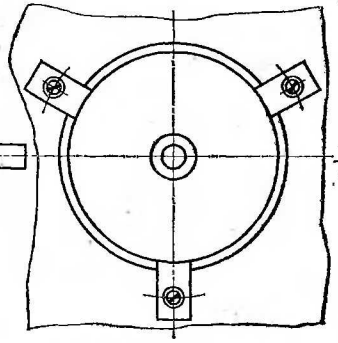


Рис. 7



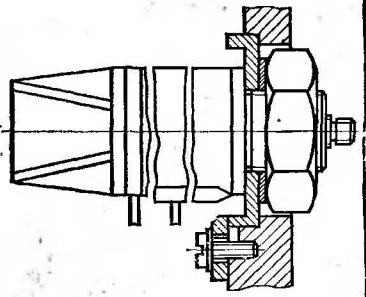


Рис. 8

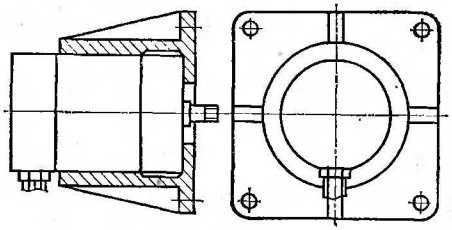


Рис. 9

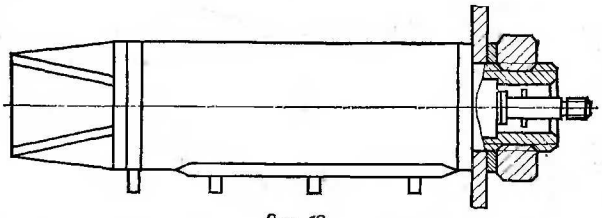


Рис. 10

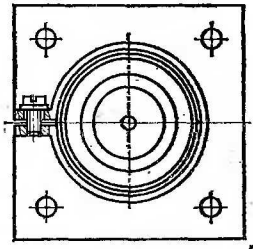
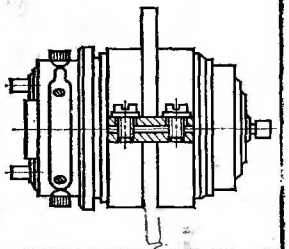


Рис. 11



| Способы установки электродвигателей в переходные устройства | Лист 72 |
|---|---|

Размеры в мм

Таблица 1

| Тип электродвигателя | D | $D_1$ | $D_2$ | d | $d_1$ | $d_2$ | $d_3 \times L$ | l | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | $l_6$ | $l_7$ | $l_8$ | $l_9$ | b | H | h | $d_2-t$ | Рис. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| УАД-12Ф | 40,6 | 14±0,2 | 46,8±0,2 | 2,9 | M2-6g | 2,5 | M2×8 | 58,7 | $12,5^{+0,3}$ | $11,5^{+0,24}$ | $7^{+0,1}$ | $4^{+0,16}$ | 150±5 | 40,6 | $2,5^{+0,25}$ | $15,5^{+0,4}$ | 5,6-0,3 | 0,6-0,018 | 40,6 | 1,6-0,06 | 1,2 | 1 |
| УАД-22Ф<br>УАД-32Ф | 50,6 | 20±0,2 | 58,4±0,2 | 3,4 | M3-6g | 4 | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | | 50,6 | $3^{+0,25}$ | $18,5^{+0,5}$ | 6,8-0,36 | 0,8-0,018 | 50,6 | 2,3-0,06 | 1,8 | | |
| УАД-42Ф<br>УАД-52Ф | 62,7 | 24,5±0,2 | 72,5±0,2 | 4,5 | M4-6g | 5 | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 200±5 | 62,7 | $4^{+0,3}$ | $20,5^{+0,5}$ | | 1-0,02 | 62,7 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-62Ф<br>УАД-72Ф | 75,7 | 28±0,2 | 87,6±0,2 | 5,5 | M5-6g | 6 | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $28,5^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | | 75,7 | $5^{+0,3}$ | $25^{+0,5}$ | 9,7-0,36 | | 75,7 | 3,2-0,08 | 2 | | |
| УАД-24Ф<br>УАД-34Ф | 50,6 | 20±0,2 | 58,4±0,2 | 3,4 | M3-6g | 4 | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | 150±5 | 50,6<br>60,6 | $3^{+0,25}$ | $18,5^{+0,5}$ | 6,8-0,36 | 0,8-0,018 | 50,6<br>60,6 | 2,3-0,06 | 1,8 | 1 |
| УАД-44Ф<br>УАД-54Ф | 62,7 | 24,5±0,2 | 72,5±0,2 | 4,5 | M4-6g | 5 | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 200±5 | 62,7 | $4^{+0,3}$ | $20,5^{+0,5}$ | | 1-0,02 | 62,7 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-64Ф<br>УАД-74Ф | 75,7 | 28±0,2 | 87,6±0,2 | 5,5 | M5-6g | 6 | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $28,5^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | | 75,7 | $5^{+0,3}$ | $25^{+0,5}$ | 9,7-0,36 | | 75,7 | 3,2-0,08 | 2 | | |
| УАД-12Ф2 | 40,6 | 14±0,2 | 46,8±0,2 | 2,9 | M2-6g | 2,5 | M2×8 | 58,7 | $12,5^{+0,3}$ | $11,5^{+0,24}$ | $7^{+0,1}$ | $4^{+0,16}$ | 150±5 | 40,6 | $2,5^{+0,25}$ | $15,5^{+0,4}$ | 5,6-0,3 | 0,6-0,018 | 40,6 | 1,6-0,06 | 1,2 | 2 |
| УАД-22Ф2<br>УАД-32Ф2 | 50,6 | 20±0,2 | 58,4±0,2 | 3,4 | M3-6g | 4 | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | | 50,6 | $3^{+0,25}$ | $18,5^{+0,5}$ | 6,8-0,36 | 0,8-0,018 | 50,6 | 2,3-0,06 | 1,8 | | |
| УАД-42Ф2<br>УАД-52Ф2 | 62,7 | 24,5±0,2 | 72,5±0,2 | 4,5 | M4-6g | 5 | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 200±5 | 62,7 | $4^{+0,3}$ | $20,5^{+0,5}$ | | 1-0,02 | 62,7 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-62Ф2<br>УАД-72Ф2 | 75,7 | 28±0,2 | 87,6±0,2 | 5,5 | M5-6g | 6 | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $28,5^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | | 75,7 | $5^{+0,3}$ | $25^{+0,5}$ | 9,7-0,36 | | 75,7 | 3,2-0,08 | 2 | | |
| УАД-24Ф2<br>УАД-34Ф2 | 50,6 | 20±0,2 | 58,4±0,2 | 3,4 | M3-6g | 4 | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | 150±5 | 50,6 | $3^{+0,25}$ | $18,5^{+0,5}$ | 6,8-0,36 | 0,8-0,018 | 50,6 | 2,3-0,06 | 1,8 | 2 |
| УАД-44Ф2<br>УАД-54Ф2 | 62,7 | 24,5±0,2 | 72,5±0,2 | 4,5 | M4-6g | 5 | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,16}$ | 200±5 | 62,7 | $4^{+0,3}$ | $20,5^{+0,5}$ | | 1-0,02 | 62,7 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-64Ф2<br>УАД-74Ф2 | 75,7 | 28±0,2 | 87,6±0,2 | 5,5 | M5-6g | 6 | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $29^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | | 75,7 | $5^{+0,3}$ | $25^{+0,5}$ | 9,7-0,36 | | 75,7 | 3,2-0,08 | 2 | | |

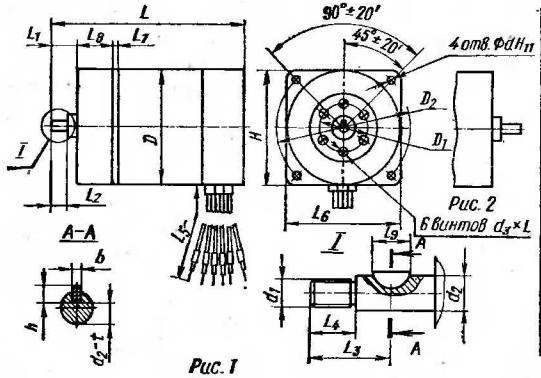



Рис. 1

Рис. 2

Размеры в мм

Таблица 2

| Тип электродвигателя | D | $D_1$ | d | $d_1$ | $d_2 \times l$ | l | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | $l_6$ | b | h | d-t | Рис. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| УАД-12 | 40,6 | 14±0,2 | 2,5 | M2-6g | M2×8 | 58,7 | $12,5^{+0,3}$ | $11,5^{+0,24}$ | $7^{+0,1}$ | $4^{+0,16}$ | 56-0,3 | | 0,6-0,018 | 1,6-0,06 | 1,2 | 3 |
| УАД-22<br>УАД-32 | 50,6 | 20±0,2 | 4 | M3-6g | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | | 150±5 | 0,8-0,018 | 2,3-0,06 | 1,8 | |
| УАД-42<br>УАД-52 | 62,7 | 24,5±0,2 | 5 | M4-6g | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 6,8-0,36 | 200±5 | 1-0,02 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-62<br>УАД-72 | 75,7 | 28±0,2 | 6 | M5-6g | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $28,5^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | 9,7-0,36 | | | 3,2-0,08 | 2 | |
| УАД-26<br>УАД-36 | 50,6 | 14±0,2 | 4 | M3-6g | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | | 150±5 | 0,8-0,018 | 2,3-0,06 | 1,8 | |
| УАД-46<br>УАД-56 | 62,7 | 20±0,2 | 5 | M4-6g | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 6,8-0,36 | 200±5 | 1-0,02 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-66<br>УАД-76 | 75,7 | 28±0,2 | 6 | M5-6g | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $28,5^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | 9,7-0,36 | | | 3,2-0,08 | 2 | |
| УАД-12-2 | 40,6 | 20±0,2 | 2,5 | M2-6g | M2×8 | 58,7 | $13^{+0,3}$ | $11,5^{+0,24}$ | $7^{+0,1}$ | $4^{+0,16}$ | 56-0,3 | 150±5 | 0,6-0,018 | 1,6-0,06 | 1,2 | 4 |
| УАД-22-2<br>УАД-32-2 | 50,6 | 20±0,2 | 4 | M3-6g | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $19^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | | | 0,8-0,018 | 2,3-0,06 | 1,6 | |
| УАД-42-2<br>УАД-52-2 | 62,7 | 24,5±0,2 | 5 | M4-6g | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 6,8-0,36 | 200±5 | 1-0,02 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-62-2<br>УАД-72-2 | 75,7 | 28±0,2 | 6 | M5-6g | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $29^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | 9,7-0,36 | | | 3,2-0,08 | 2 | |
| УАД-24-2<br>УАД-34-2 | 50,6 | 20±0,2 | 4 | M3-6g | M2×10 | 60,7<br>70,7 | $25^{+0,3}$ | $18^{+0,28}$ | $11^{+0,1}$ | $6^{+0,16}$ | | 150±5 | 0,8-0,018 | 2,3-0,06 | 1,6 | |
| УАД-44-2<br>УАД-54-2 | 62,7 | 24,5±0,2 | 5 | M4-6g | M3×12 | 75,7<br>88,8 | $24^{+0,3}$ | $23^{+0,28}$ | $14^{+0,1}$ | $8^{+0,2}$ | 6,8-0,36 | 200±5 | 1-0,02 | 3,1-0,08 | 2 | |
| УАД-64-2<br>УАД-74-2 | 75,5 | 28±0,2 | 6 | M5-6g | M3×14 | 88,8<br>115,8 | $29^{+0,3}$ | $27,5^{+0,28}$ | $17^{+0,1}$ | $9,5^{+0,2}$ | 9,7-0,36 | | | 3,2-0,08 | 2 | |

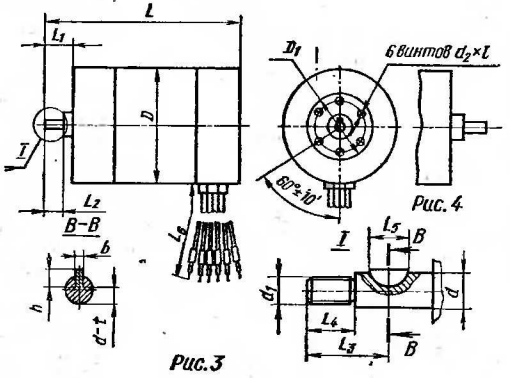



Рис. 3

Рис. 4

Таблица 4

| Тип электродвигателя | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | h | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ДИД-0,1 | 29 | 39 | 26 | 24±0,2 | 16,5 | 11 | 12h6 | 2,5H12 | 7 | 2 | 1,3 | 4,3 | 5 |
| ДИД-0,5 | 37,3 | 43 | 34 | 27±0,2 | 22,5 | 11 | 16h6 | 3H12 | 7 | 2 | 1,3 | 4,3 | 5 |
| ДГ-0,1 | 30 | 54 | 41 | 24±0,2 | 18,7 | 11 | 12h6 | 2,5H12 | 7 | 3 | 1,3 | 4,3 | 5 |
| ДГ-0,5 | 36 | 67 | 54 | 31±0,2 | 26 | 11 | 12h6 | 3H12 | 7 | 6 | 1,3 | 4,3 | 5 |

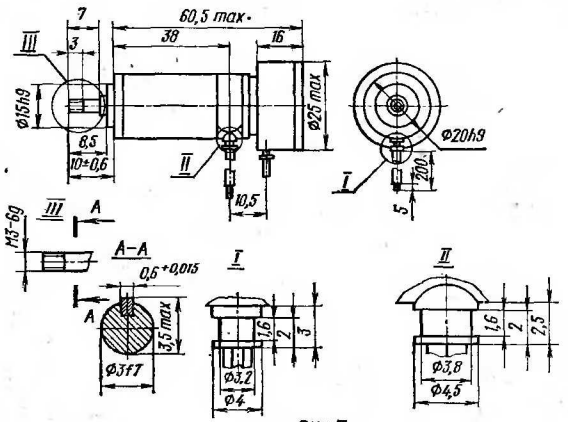
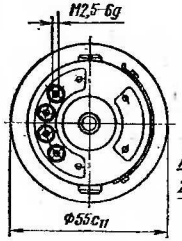



Рис. 7

Таблица 3

| Тип электродвигателя | Технические данные в режимах | | | |
|---|---|---|---|---|
| | трехфазном | | однофазном | |
| | $W_{вых}$ Вт | $n_{вых}$ мин$^{-1}$ | $W_{вых}$ Вт | $n_{вых}$ мин$^{-1}$ |
| УАД-12 | 1,5 | 2700 | 1 | 2750 |
| УАД-22 | 4 | 2700 | 3 | 2750 |
| УАД-32 | 7 | 2700 | 5 | 2750 |
| УАД-42 | 13 | 2700 | 10 | 2750 |
| УАД-52 | 20 | 2700 | 18 | 2750 |
| УАД-62 | 40 | 2700 | 30 | 2750 |
| УАД-72 | 70 | 2700 | 50 | 2750 |
| УАД-24 | 1,2 | 1250 | 1 | 1280 |
| УАД-34 | 2,5 | 1250 | 2 | 1280 |
| УАД-44 | 6 | 1280 | 4 | 1300 |
| УАД-54 | 9 | 1280 | 8 | 1300 |
| УАД-64 | 20 | 1280 | 15 | 1300 |
| УАД-74 | 30 | 1280 | 25 | 1300 |
| $U_{пит}$ – 220 В, 50 Гц | | | | |



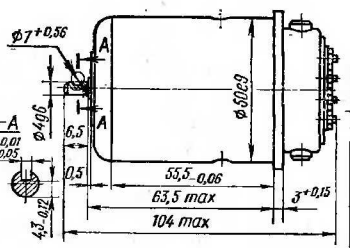




Рис. 5

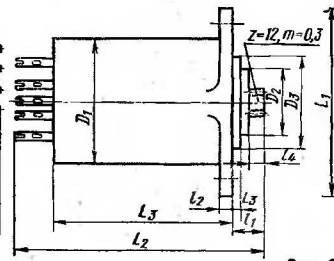
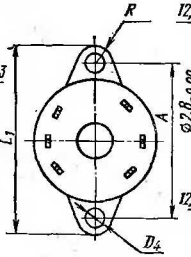



Рис. 6



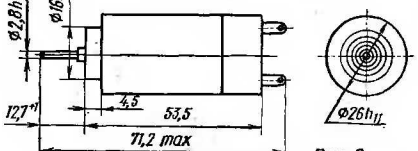




Рис. 8

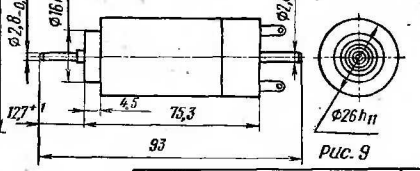


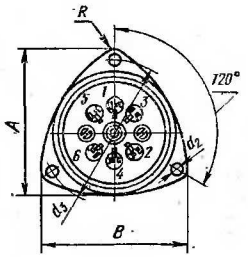

Рис. 9

Габаритные и присоединительные размеры электродвигателей

Лист 73

Размеры в мм — Таблица 1

| Тип электродвигателя | Статический момент в Н·см | Момент нагружающий номин. в Н·см | Момент инерции ротора в г·см² | Момент инерции нагрузки max в г·см² | Номинальное напряжение в В |
|---|---|---|---|---|---|
| ДШ–0,025А | 2 | 0,25 | 2,5 | 2,5 | 27 |
| ДШ–0,04А | 3,5 | 0,4 | 3,5 | 3,5 | 27 |
| ДШ–0,1А | 8 | 1,0 | 19 | 19 | 27 |
| ДШ–0,25А | 15 | 2,5 | 58 | 58 | 27 |
| ДШ–0,4А | 21 | 4 | 125 | 125 | 27 |
| ДШ–1А | 60 | 10 | 420 | 420 | 27 |
| ШДА–1 | 1,5 | 0,4 | 3 | 3 | 14/28 |
| ШДА–2А | 2,6 | 1,0 | 6,8 | 7 | 14/28 |
| ШДА–3 | 7 | 2,5 | 20 | 20 | 14/28 |
| ШДА–4А | 15 | 6 | 28 | 30 | 14/28 |
| ШДА–5А | 28 | 10 | 48 | 50 | 14/28 |
| ШДА–6 | 41 | 1,6 | 97 | 100 | 14/28 |
| ШДА–2–1 | 1,6 | 0,1 | — | 1 | 27 |
| ШДА–2–2 | 4 | 0,4 | — | 3 | 27 |
| ШДА–2–3 | 10 | 1 | — | 7 | 27 |
| ШДА–2–4 | 25 | 4 | — | 25 | 27 |
| ШДА–2–5 | 50 | 6 | — | 60 | 27 |
| ШДА–2–6 | 100 | 10 | — | 125 | 27 |
| ШДА–3–1 | 2 | 0,1 | — | 125 | 27 |
| ШДА–3–2 | 4 | 0,4 | — | 3 | 27 |
| ШДА–3–3 | 9 | 1 | — | 7 | 27 |
| ШДА–3–4 | 25 | 4 | — | 25 | 27 |
| ШДА–3–5 | 50 | 6 | — | 60 | 27 |
| ШДА–3–6 | 100 | 10 | — | 125 | 27 |
| ШДР–11,6 | 1,4 | 0,3 | 2 | 5 | 27 |
| ШДР–231 | 1,25 | 0,4 | 0,83 | 0,1 | 28 |
| ШДР–321 | 5,4 | 1,6 | 3,1 | 5 | 28 |
| ШДР–325 | 16 | 4 | 26 | 45 | 28 |
| ШДР–711 | 12 | 4 | 15 | 15 | 14 |
| ШДР–721 | 19 | 6 | 21,2 | 22 | 14 |
| ШДР–5 | 6 | 2 | 28 | 30 | 28 |
| ШД–2 | 150 | 30 | 300 | 30 | 12 |
| ШД–4 | 30 | 25 | 310 | 310 | 27 |



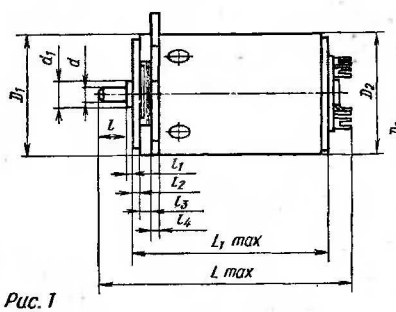




Рис. 1

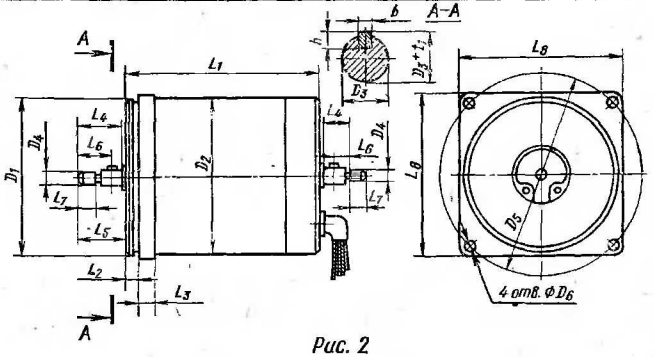


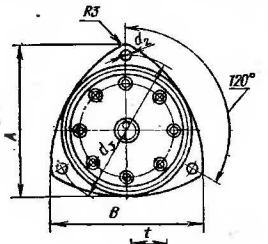

Рис. 2

Размеры в мм — Таблица 2

| Тип электродвигателя | A | B | $D_1$ | $D_2$ | L | $L_1$ | d | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | l | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ДШ–0,025А | 48 | 30 | 40 | 40 | 73 | 57 | 3,8 | 4 | 3,1 | 48 | 9 | 1 | 1,5 | 3 | 3 | 3,5 |
| ДШ–0,04А | 48 | 30 | 40 | 40 | 83 | 67 | 3,8 | 4 | 3,1 | 48 | 9 | 1 | 1,5 | 3 | 3 | 3,5 |
| ДШ–0,1А | 60 | 42 | 50 | 50 | 100 | 80 | 4,8 | 5 | 4,8 | 60 | 10 | 1 | 1,6 | 3 | 4 | 5 |
| ДШ–0,25А | 71 | 42 | 60 | 60 | 115 | 93 | 4,8 | 5 | 5,5 | 72 | 10 | 1 | 2,5 | 3 | 5 | 5 |

Размеры в мм — Таблица 3

| Тип электродвигателя | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $D_6$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | b | h | $D_3+t_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ШД–2–1 | 26h6 | 32 | 3 | M7 | 40 | 4,8 | 38 | 2,5 | 4,5 | 10 | 11,5 | 6,5 | 3 | 38 | 1 | 1,4 | 3,5 |
| ШД–2–2 | 40h6 | 40 | 4 | M3 | 55 | 4,8 | 47,5 | 2,5 | 4,5 | 12 | 13,5 | 8 | 4 | 50 | 1 | 1,4 | 4,5 |
| ШД–2–3 | 50h6 | 50 | 5 | M4 | 65 | 5,8 | 58 | 2,5 | 7 | 14 | 15,5 | 8,5 | 5 | 57 | 1,5 | 2,6 | 5,7 |
| ШД–2–4 | 60h6 | 60 | 6 | M6 | 78 | 5,8 | 72 | 2,5 | 7 | 16 | 17,5 | 11 | 6 | 115 | 2 | 2,6 | 6,9 |
| ШД–2–5 | 80h6 | 60 | 8 | M5 | 100 | 7 | 67 | 3 | 10,5 | 20 | 21,5 | 14 | 6 | 68 | 3 | 3,7 | 9 |
| ШД–2–6 | 95h6 | 100 | 10 | M6 | 115 | 10,0 | 95 | 3 | 10,5 | 23 | 24,5 | 15,5 | 8 | 105 | 3 | 3,7 | 11 |



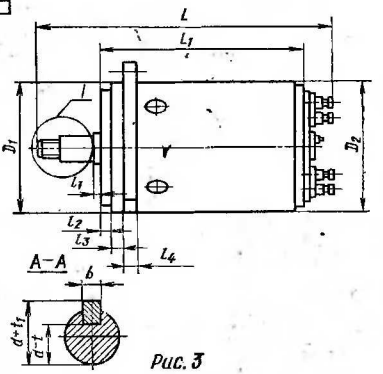




Рис. 3

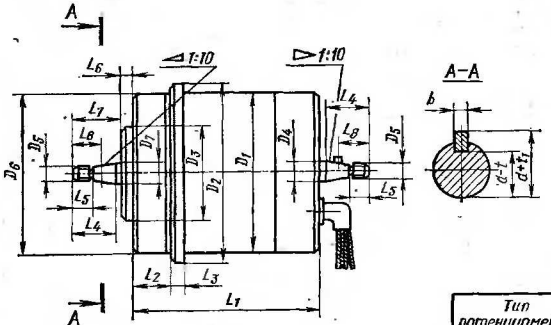



Рис. 4

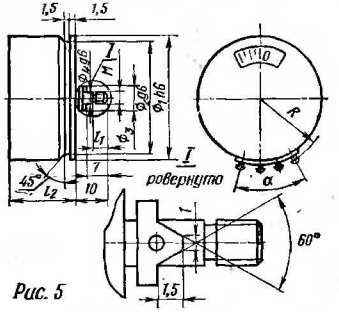



Рис. 5

Размеры в мм (к рис. 3) — Таблица 4

| Тип электродвигателя | A | B | $D_1$ | $D_2$ | L | $l_1$ | b | d | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | l | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | M | $d+t_1$ | d–t | t | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ДШ–0,4А | 93 | 92 | 80 | 80 | 130 | 100 | 3×3 | 8 | 9 | 6,5 | 92 | 20 | 1 | 3,5 | 3 | 6 | 7 | M6–6g | 5,3 | 3,7 | 6 | 6 |
| ДШ–1А | 115 | 115 | 100 | 100 | 159 | 130 | 3×3 | 8 | 9 | 8,5 | 115 | 20 | 1 | 5 | 3 | 6 | 7 | M6–6g | 5,3 | 3,7 | 7,5 | — |

Размеры в мм — Таблица 6

| Тип потенциометра | P в Вт | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | $\varphi_3$ | $\varphi_4$ | M | $L_1$ | $L_2$ | R | α | Рабочий угол в град |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ППП–1 | 1 | 30 | 27 | 5 | 3 | M3–6g | 3,5 | 21,5 | 19 | 66 | 300 |
| ППП–2 | 2 | 42 | 39 | 6 | 4 | M4–6g | 3,5 | 23 | 24 | 45 | 330 |
| ППП–5 | 5 | 65 | 62 | 6 | 4 | M4–6g | 3,5 | 23 | 36 | 30 | 330, 350 |

Размеры в мм (к рис. 4) — Таблица 5

| Тип электродвигателя | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $D_6$ | $D_7$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $d+t_1$ | d–t | b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ШДА–3–1 | 32 | 36 | 18d11 | 3 | M2,5–6g | 32h6 | 3 | 37 | 9,6 | 2,5 | 6 | 3 | 3,5 | 9 | 5,5 | 1,88 | 1,4 | 1 |
| ШДА–3–2 | 40 | 45 | 22d11 | 4 | M3–6g | 40h6 | 4 | 47,5 | 9,6 | 2,5 | 10 | 4 | 3,5 | 11 | 7 | 2,35 | 1,4 | 1 |
| ШДА–3–3 | 50 | 55 | 28d11 | 5 | M4–6g | 50h6 | 5 | 58 | 14,5 | 4 | 12 | 5 | 4 | 13 | 8,5 | 2,83 | 1,4 | 1 |
| ШДА–3–4 | 60 | 65 | 36d11 | 6 | M4–6g | 60h6 | 6 | 72 | 14,5 | 4 | 16 | 6 | 4,5 | 17 | 11 | 3,65 | 2,6 | 2 |
| ШДА–3–5 | 80 | 90 | 45d11 | 6 | M4–6g | 80h6 | 6 | 87 | 22 | 6 | 16 | 6 | 5 | 17 | 11 | 3,65 | 2,6 | 2 |
| ШДА–3–6 | 100 | 110 | 50d11 | 8 | M5–6g | 100h6 | 8 | 95 | 22 | 6 | 20 | 8 | 5,5 | 22 | 14 | 4,7 | 3,7 | 3 |

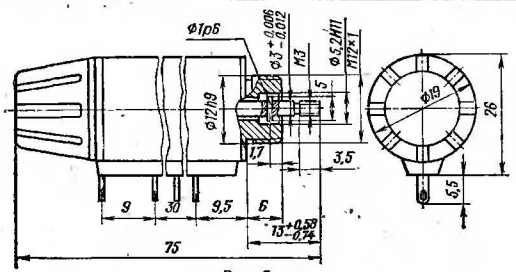



Рис. 6

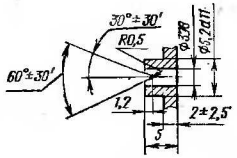



Рис. 7

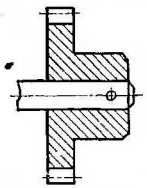


Рис. 8

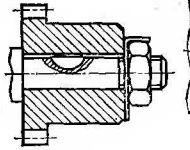


Рис. 9

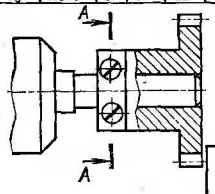



Рис. 10

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей и потенциометров

Лист 74

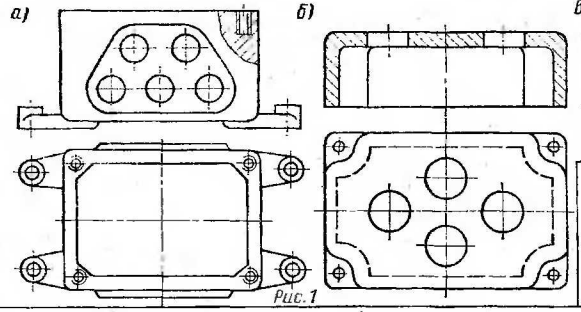



Рис. 1

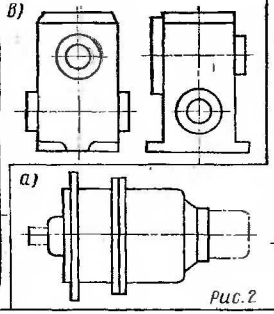
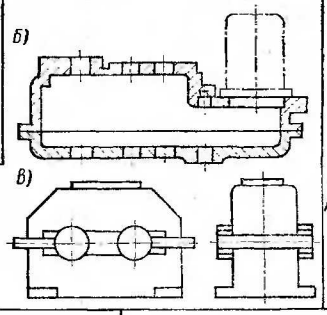



Рис. 2



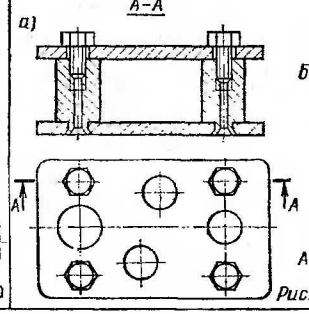




Рис. 3

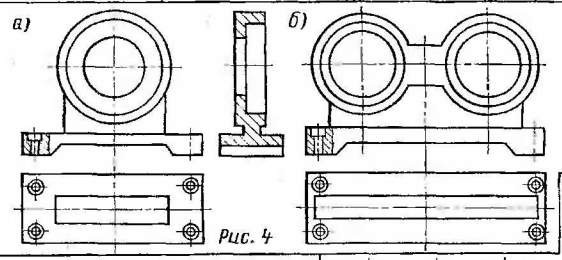



Рис. 4

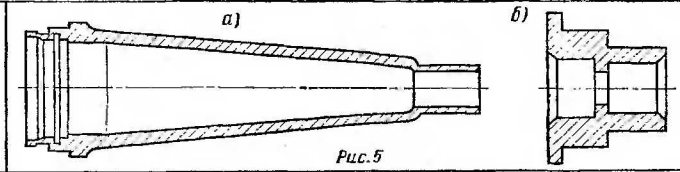



Рис. 5

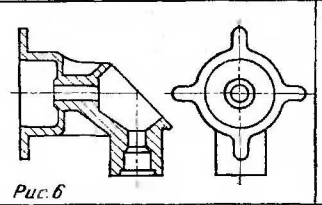
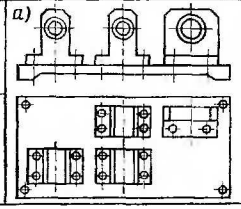


Рис. 6



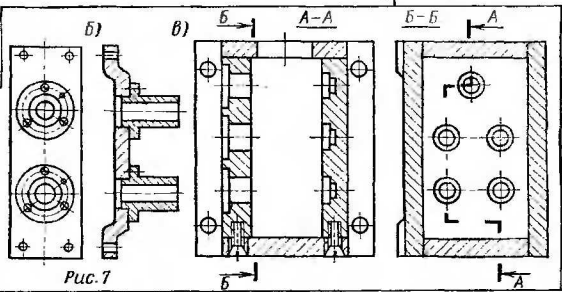




Рис. 7

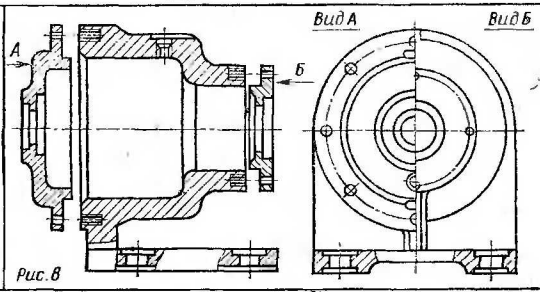



Рис. 8

Рекомендуемые классы шероховатости элементов корпусов

| Применение | Класс шероховатости |
|---|---|
| Посадочные поверхности подшипников скольжения | 7...9 |
| Гнезда подшипников качения при нормальном классе точности | 7...9 |
| Отверстия под крепежные винты, устанавливаемые с зазором | 4...5 |
| Опорные поверхности под гайки и головки винтов, болтов | 4...5 |
| Торцы деталей, прилегающих к кольцам шарикоподшипников | 5...6 |
| Отверстия для установки двигателей, фланцев, крышек с центрирующими буртиками (заточками) | 5...6 |
| Достигаемая шероховатость поверхностей, изготовляемых литьем: | |
| под давлением | 4...6 |
| по выплавляемым моделям | 5...6 |
| Поверхности профиля внутренней резьбы | 4...5 |
| Плоскости разъемов корпусов | 6...7 |
| Отверстия для неподвижных соединений: | |
| с посадкой скольжения | 6...9 |
| с прессовыми посадками | 7...10 |
| с переходными посадками | 7...9 |
| Базовые поверхности | 6...7 |
| Декоративные поверхности | 6...7 |
| Нерабочие поверхности корпусов, кронштейнов, плат | 1...4 |
| Стыки герметичные (металл по металлу с притиркой) | 10...12 |

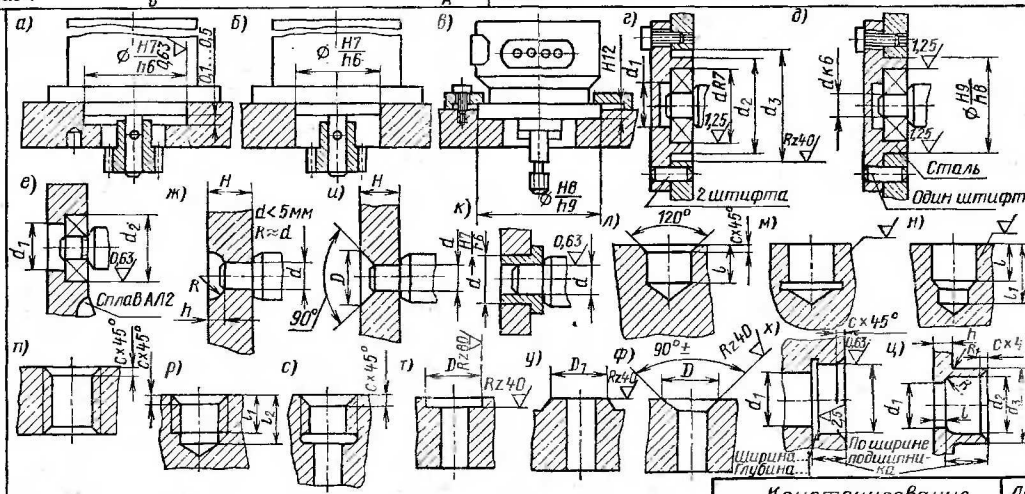



Рис. 9

Конструирование корпусных деталей

Лист 75

Таблица 1

## Рекомендуемая толщина стенок отливок

| Наименование сплава | Вид литья | | | |
|---|---|---|---|---|
| | В землю | В кокиль | Под давлением | По выплавляемым моделям |
| | Минимальная толщина стенки в мм | | | |
| Чугун серый | 3 | — | — | — |
| Алюминиевый | 3 | 2,5 | 2 | 1–1,5 |
| Магниевый | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 |
| Цинковый | | 2 | 1,5 | 1 |
| Медный | 3 | 3 | 2,5 | 2 |

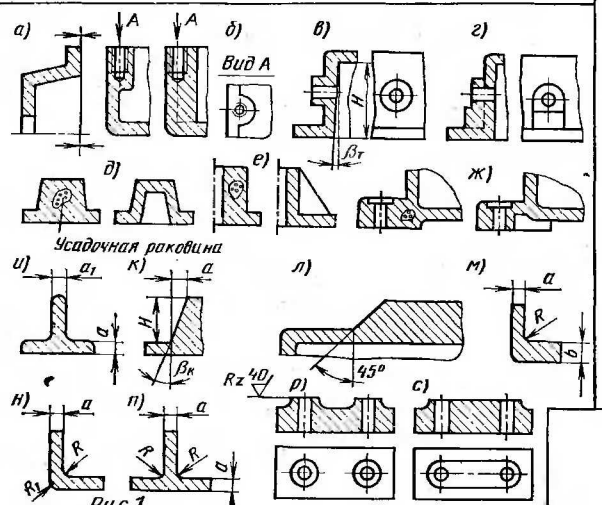



Рис. 1

Таблица 2

## Рекомендуемые радиусы закруглений

| Сопряжение стенок | Внутренний радиус закругления R при отливке | | Наружный радиус $R_1$ |
|---|---|---|---|
| | в землю | под давлением, в кокиль | |
| Стенки одинаковой толщины | $\frac{a}{2}$ | $\frac{a}{3}$ | $a+R$ |
| Стенки различной толщины | $\frac{a+b}{4}$ | $\frac{a+b}{6}$ | $\frac{a+b}{2}+R$ |
| Стенки Т-образного сечения одинаковой толщины | $\frac{a}{2}$ | $\frac{a}{3}$ | — |

Таблица 3

## Минимальные расстояния между центрами бобышек

Размеры в мм

| Диаметр резьбы или проходного отверстия | Вид литья | |
|---|---|---|
| | В песчаные формы | В кокиль и под давлением |
| До 4 | 25 | 15 |
| 4...6 | 30 | 18 |
| 6...10 | 30 | 22 |

Таблица 4

## Рекомендуемые размеры резьб (литье под давлением)

Размеры в мм

| Наименование сплава | Шаг резьбы | Диаметр резьбы | |
|---|---|---|---|
| | | наружный | внутренний |
| Алюминиевый | 1,0 | 8 | 6 |
| Магниевый | 1,0 | 10 | 8 |
| Цинковый | 0,75 | 6 | 6 |
| Медный | 1,5 | 12 | 10 |

Таблица 5

## Минимальные размеры литых отверстий

Размеры в мм

| Наименование сплава | Вид литья | | |
|---|---|---|---|
| | В землю | Под давлением | В кокиль |
| Алюминиевый | 20 | 1,2 | 8 |
| Магниевый | — | 1,6 | 8 |
| Цинковый | — | 0,8 | 8 |
| Медный | 25 | 2,0 | 10 |

Таблица 6

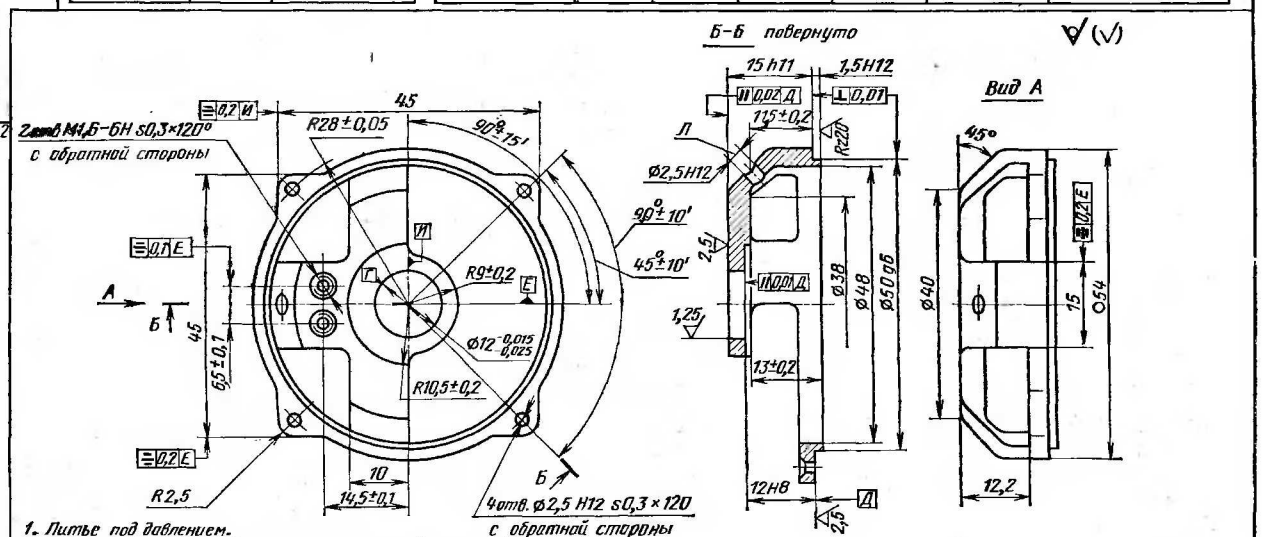
## Величины конструктивных уклонов (рис 1, к)

| Значение H в мм | Уклон | Без уклона |
|---|---|---|
| До 25 | 1:5 | 10° 30′ |
| Св. 25 | 1:10 | 5° 30′ |
| Св. 25 | 1:20 | 3° |

Таблица 7

## Техническая характеристика способов литья

| Способ литья | Отливаемые сплавы | Масса отливки в кг | Наименьшая толщина стенки в мм | Точность размеров отливки (класс) | Классы шероховатости поверхностей по ГОСТ 2789-73 | Область применения |
|---|---|---|---|---|---|---|
| В песчаные (разовые) формы | Все сплавы цветных металлов | Не ограничена | 3–4 | 7–9 | 2 | Единичное и мелкосерийное производство деталей любой сложности и габаритов |
| В металлические постоянные формы (кокили) | Все сплавы цветных металлов, чугун, сталь | То же | 2–3 | 5–7 | 4–7 | Серийное и массовое производство деталей из цветных сплавов и деталей простой конфигурации из чугуна и стали |
| Под давлением | Все сплавы цветных металлов | 10 | 1,5–2 | 3–5 | 5–6 | Крупносерийное и массовое производство |
| По выплавляемым моделям | То же | 10 | 1÷1,5 | 4–7 | 4–6 | Серийное и массовое производство |




1. Литье под давлением.
2. Радиусы литья, не оговоренные на чертеже, выполнять R1.
3. Отклонение размеров необрабатываемых поверхностей по нормали.
4. Плоскость Е проходит через оси отверстий Г и Л.
5. Термообработка по специнструкции.
6. Покрытие Хим. Окс.
7. Материал АЛ2

Рис. 2

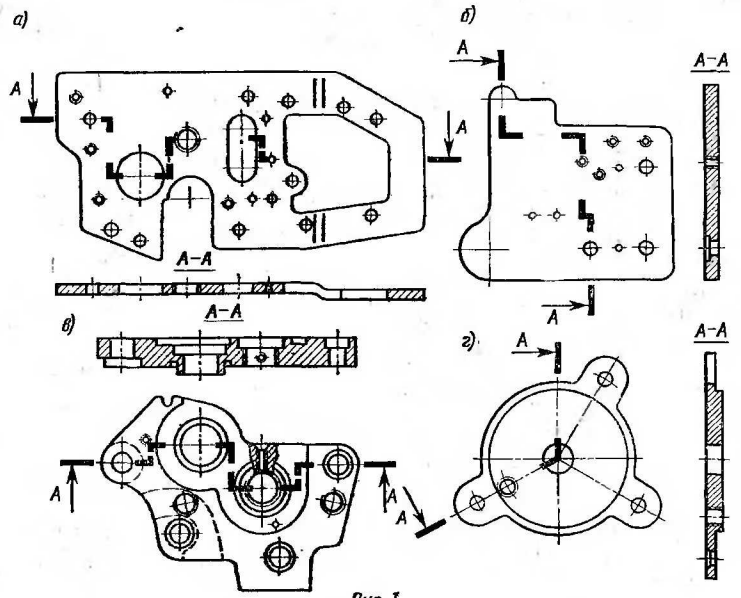



Рис. 1

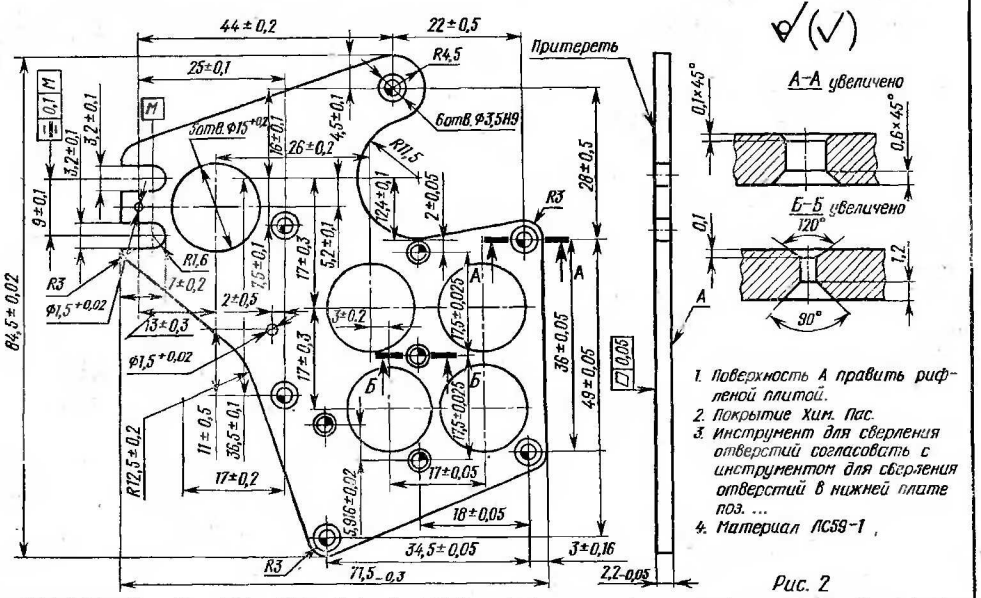



Рис. 2

Таблица 1

Минимальное расстояние между отверстиями, размеры в мм

| Наименование материала | Толщина материала s | Минимальное расстояние m при длине перемычки L (рис. 3) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | до 30 | 30...60 | 60...100 | 100...160 | 160...250 |
| Сталь | 0,2...0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 3 | 3,5 |
| | 0,4...0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,6 | 3,0 |
| Латунь | 0,6...1,0 | 1,0 | 1,2 | 1,8 | 2,2 | 2,6 |
| Алюминий | 1,0...1,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| Медь | 1,5...2,5 | 1,0 | 1,2s | 1,4s | 1,6s | 2s |
| | 2,5...5,0 | 0,9 | – | 1,1s | 1,2s | 1,5s |
| Цинк | 0,6...1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,2 |
| Дуралюмин | 1,0...1,5 | 1,8 | 2,2 | 2,8 | 3,2 | 3,5 |
| Бронза фосфористая | 1,5...2,5 | 1,4s | 1,6s | 1,8s | 2,0s | 2,2s |
| | 2,5...5,0 | 1,2s | 1,3s | 1,5s | 1,6s | 1,8s |

Примечание. Значение параметра n следует принимать 1,25–1,3m (рис. 3а)

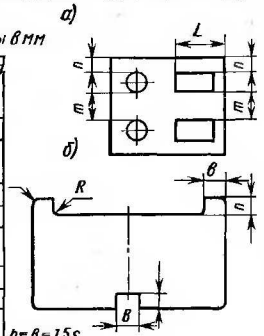



Рис. 3

Таблица 2

Наименьшие размеры вырубаемых отверстий

| Форма отверстия | Обозначение размеров отверстия | Материал | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сталь | | | Латунь, медь | Алюминий |
| | | нержавеющая | твердая | мягкая | | |
| Круглая | Диаметр d | 0,8s | 1,2s | 1,05s | 0,8s | 0,7s |
| Квадратная | Сторона a | 1,0s | 1,1s | 0,9s | 0,7s | 0,6s |
| Прямоугольная | меньшая сторона a | 1,0s | 1,0s | 0,7s | 0,6s | 0,5s |
| Овальная | Ширина a | 1,1s | 0,9s | 0,7s | 0,65s | 0,55s |

Примечание. s – толщина материала

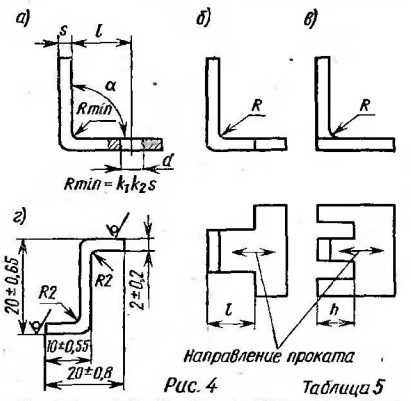



Рис. 4

Таблица 5

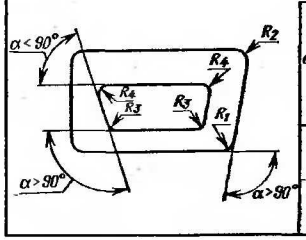
| Угол гибки α, град | 90 | 80 | 70 | 60 | 45 |
|---|---|---|---|---|---|
| $k_1$ | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 |

Таблица 6

| Материал | $k_2$ |
|---|---|
| Алюминий, медь | 0,3 |
| Сталь 10, латунь Л62 | 0,5 |
| Дуралюмин Д16АМ | 1,5 |

Таблица 3

Минимальные радиусы закруглений




| Угол сопряжения α° | Радиусы закруглений при операции | | Отношение R/s для материалов | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Латунь, медь, алюминий | Сталь мягкая | Сталь конструкционная легированная |
| ≥ 90 | вырубки | $R_1$ | 0,18...0,2 | 0,25 | 0,35 |
| < 90 | | $R_2$ | 0,35 | 0,5 | 0,7 |
| ≥ 90 | пробивки | $R_3$ | 0,2 | 0,3 | 0,45 |
| < 90 | | $R_4$ | 0,4 | 0,6 | 0,9 |

Таблица 4

Точность вырубки круглых контуров и шероховатость поверхности среза

| Толщина материала | Группа точности | Класс точности | Класс шероховатости поверхности |
|---|---|---|---|
| До 1 | 1 | H8; h8 | 7 |
| | 2 | H12; h12 | 4 |
| | 3 | H14; h14 | 3 |
| Св. 1 до 3 | 1 | H11; h11 | 6 |
| | 2 | H12; h12 | 3 |
| | 3 | H14; h14 | Грубее 1-го |
| Св. 3 до 6 | 1 | H11; h11 | 5 |
| | 3 | H14; h14 | Грубее 1-го |

Конструирование штампованных деталей | Лист 77

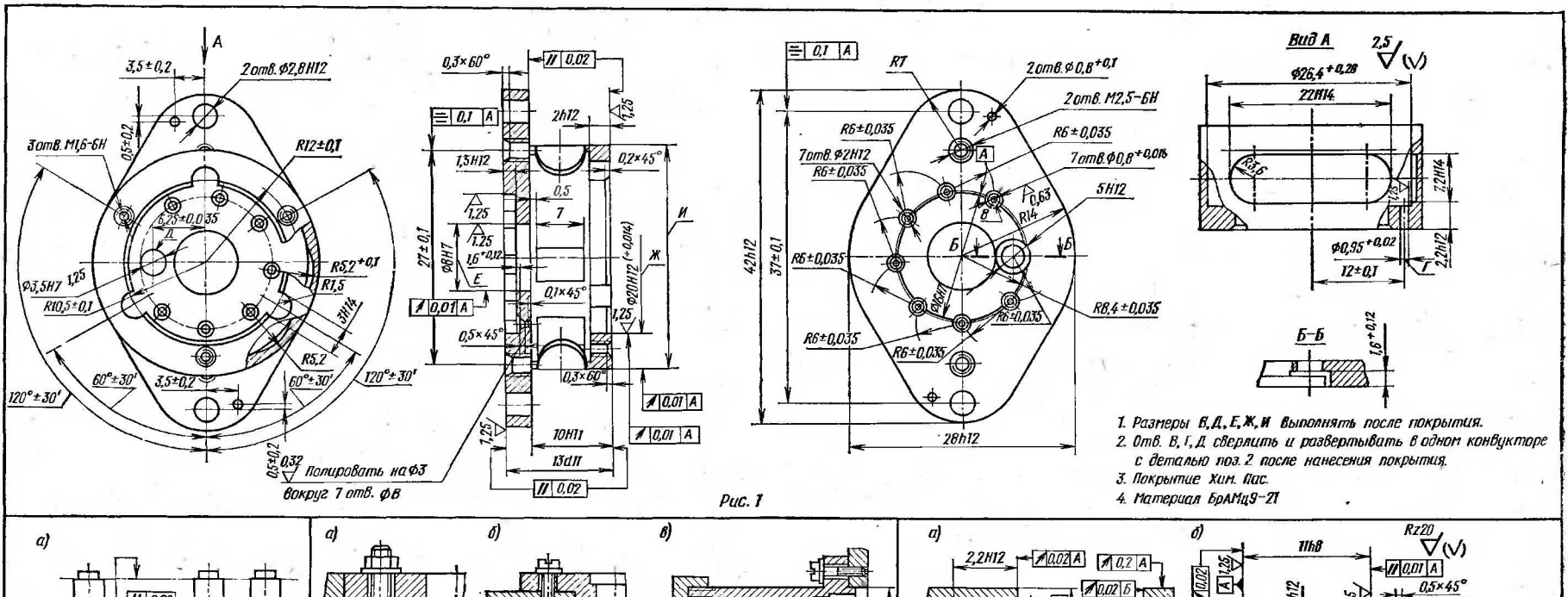



Рис. 1

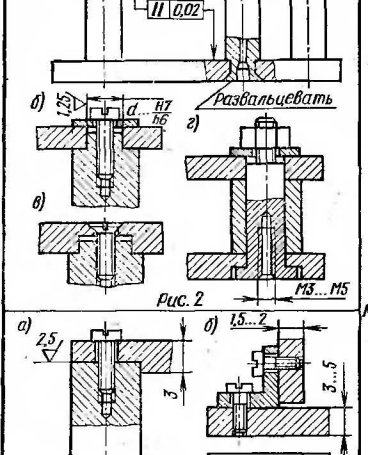



Рис. 2

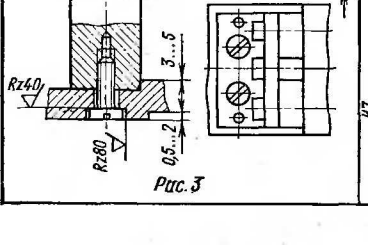


Рис. 3

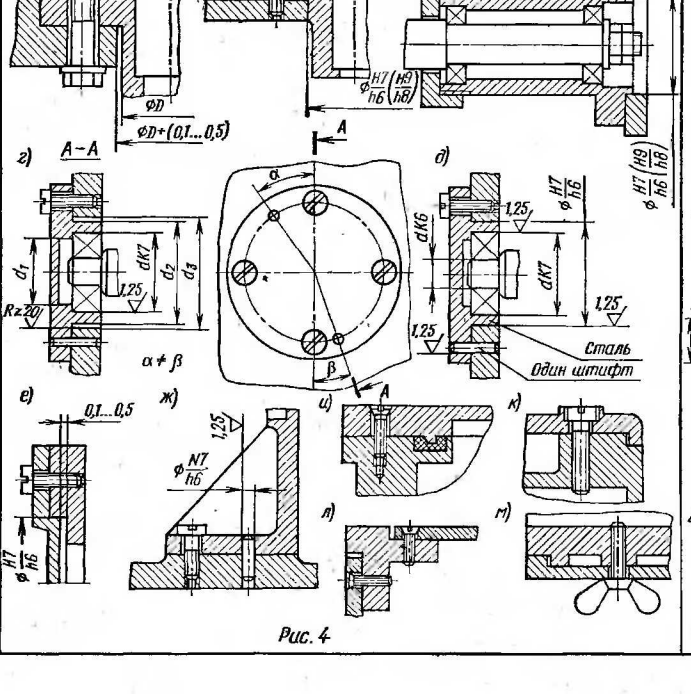



Рис. 4

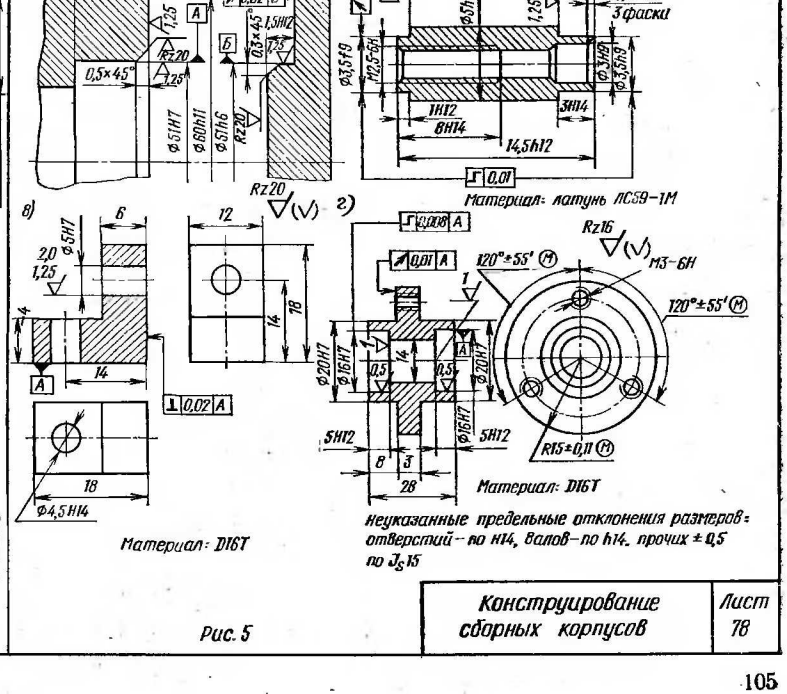



Рис. 5

| Конструирование сборных корпусов | Лист 78 |
|---|---|

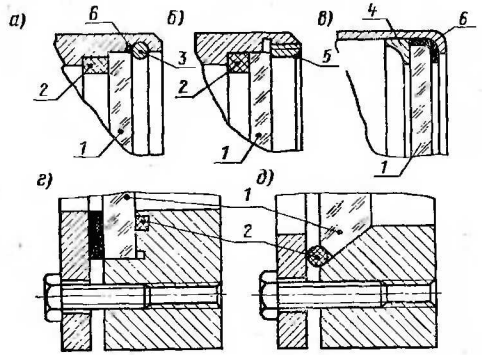


Рис.1

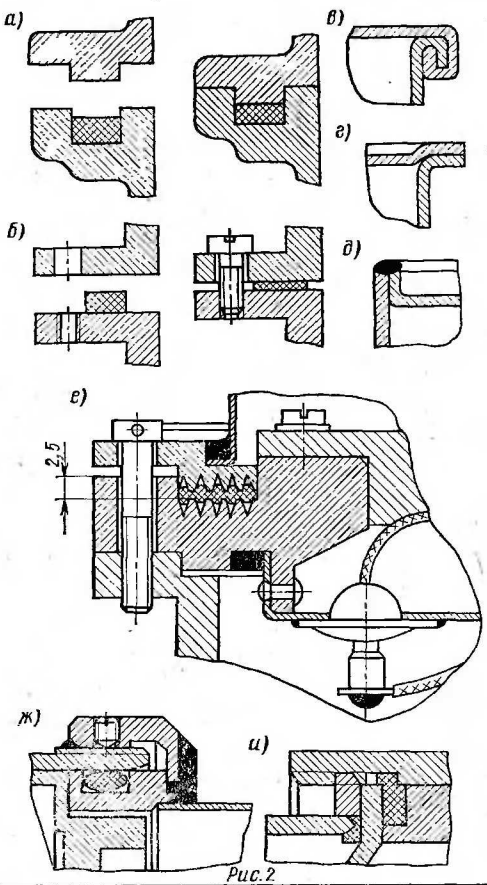


Рис.2

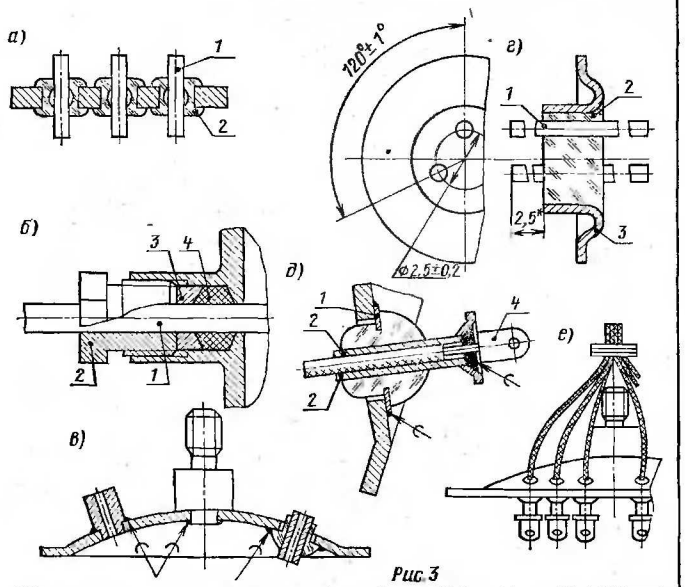


Рис.3

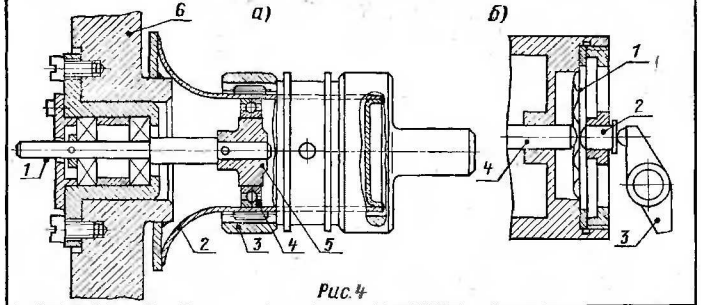


Рис.4

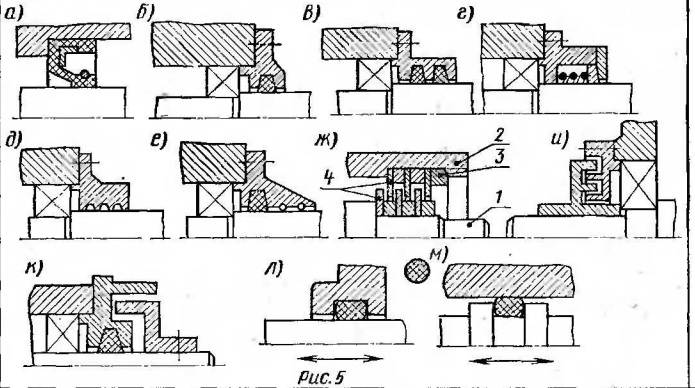
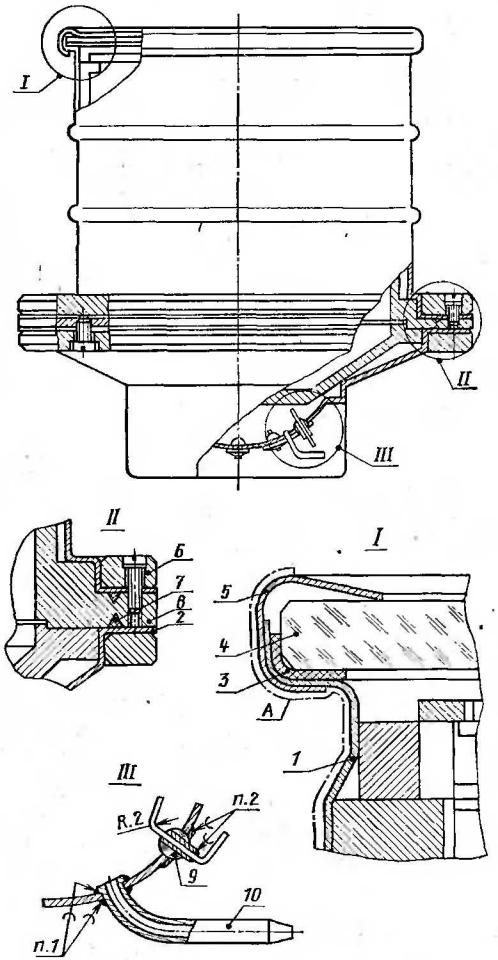


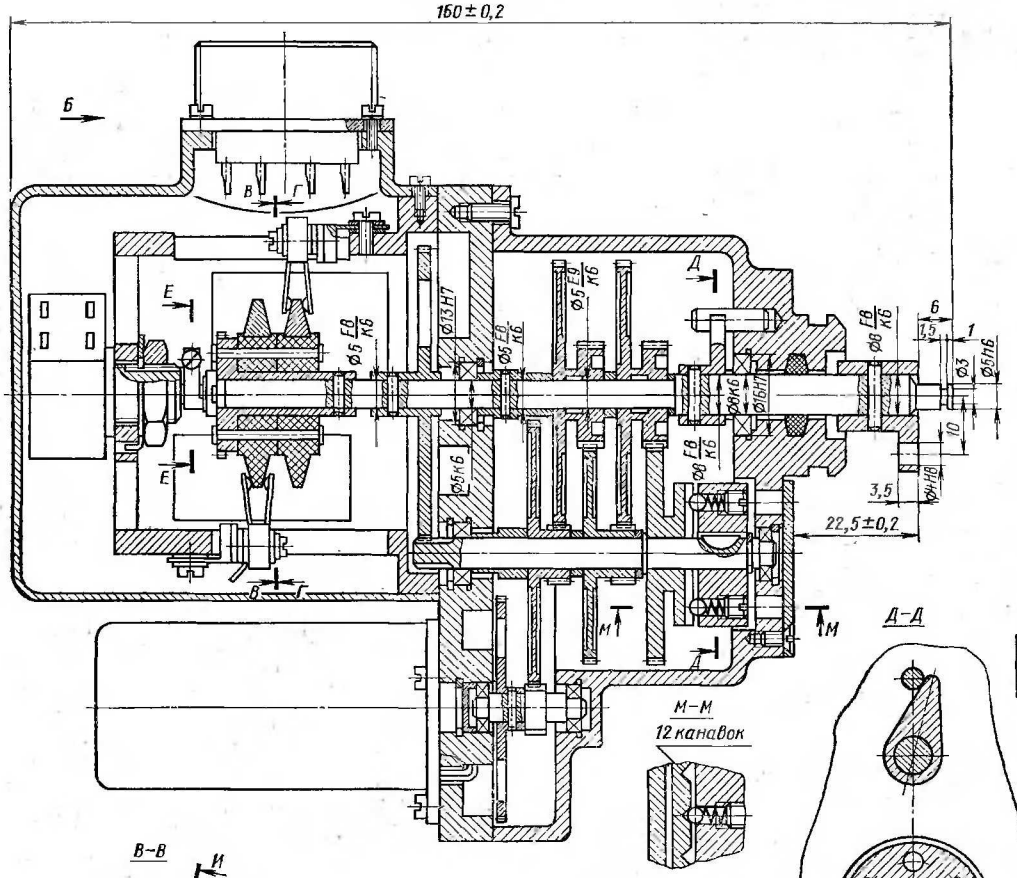
Рис.5

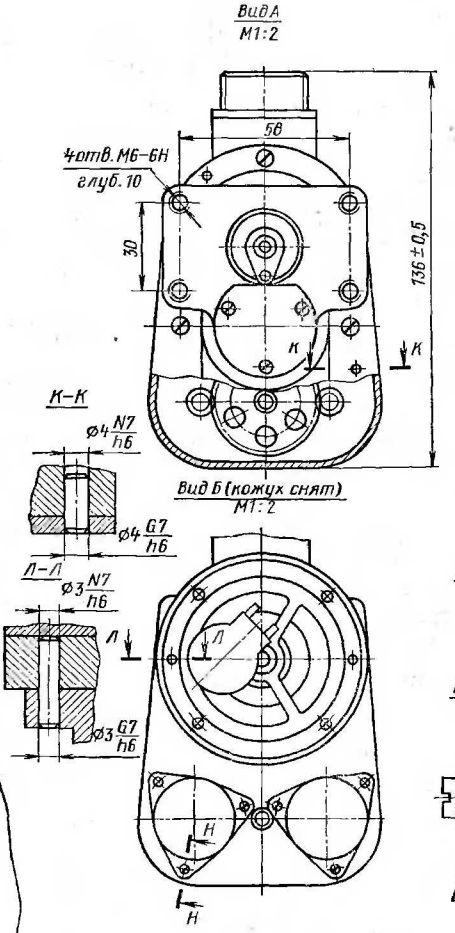


1. Трубку поз. 10 развальцевать и паять припоем ПОС 40 с флюсом (хлористый цинк) по специнструкции.
2. Изолятор поз. 9 паять припоем ПОС 61 с канифолью.
3. Поверхности А покрыть Эм.М.Л.-165 черный ПАТ; температура сушки 90°
4. Проверить на герметичность при избыточном давлении 0,12 МН/м².
5. После заполнения прибора сухим азотом трубку поз. 10 обжать для герметичности

Рис. 6

| Герметизация корпусов | Лист 79 |
|---|---|




*Техническая характеристика*

*Угол поворота рычага выходного вала, град:*
*рабочий – 360*
*предельный – 360*

*Время поворота рычага выходного вала на 300°, мин – 2,5*

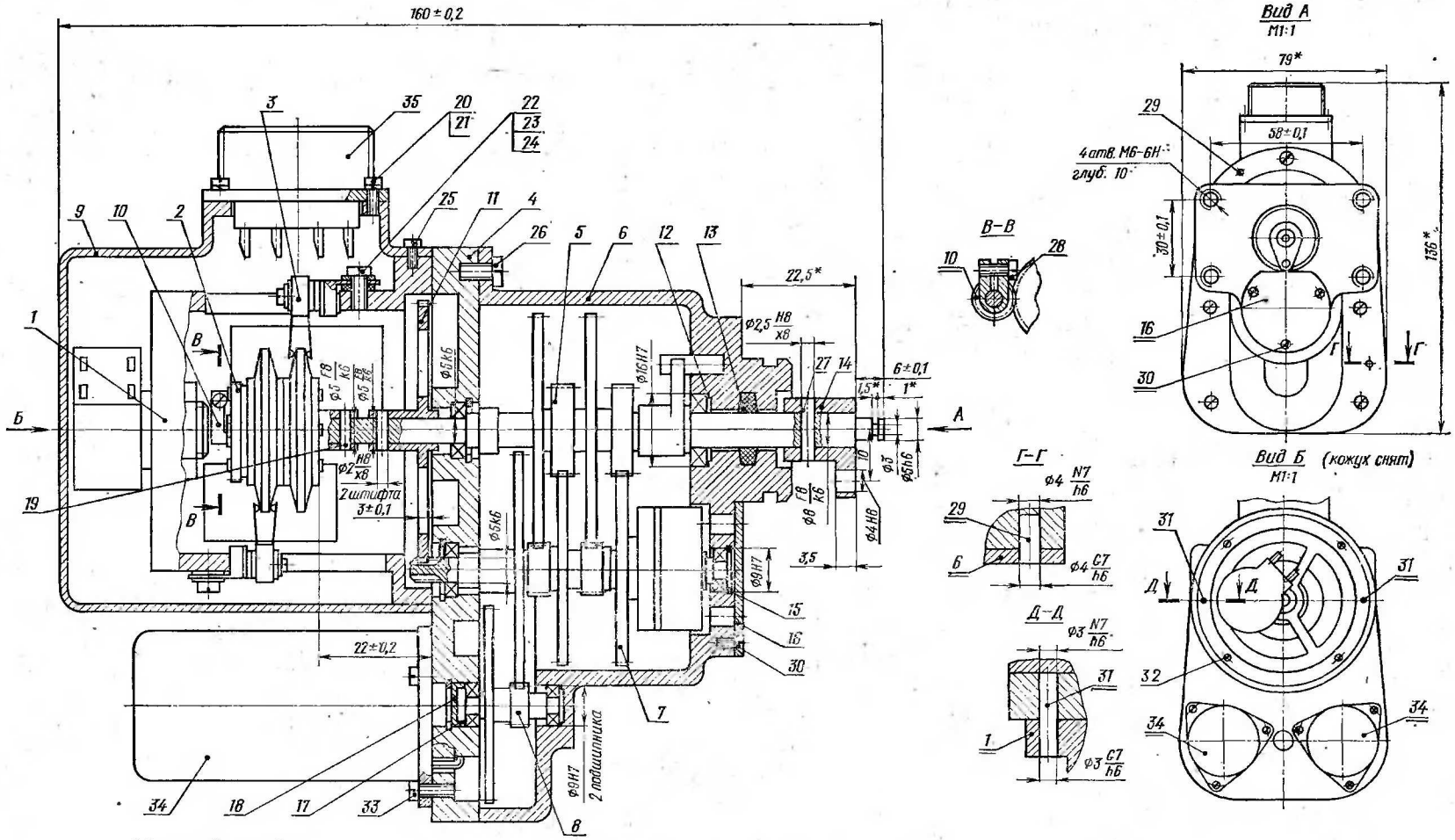
*Момент на выходном валу (предельный), Н·м – 3 ± 0,5 (обеспечивается регулированием предохранительной муфты)*

*Напряжение питания, В (постоянный ток):*
*двигателей – 27 ± 2*
*потенциометра – 27 ± 0,01*
*цепи контактов – 27 ± 2*

*Условия работы – Нормальные*

*(Основная надпись форма №1 ГОСТ 2.104–68)*

| *Пример оформления чертежа общего вида* | *Лист 80* |
|---|---|




*Размеры для справок.

1. Осевой зазор валиков блоков поз. 5, поз. 7, поз. 8 – 0,02... 0,05 регулируется набором прокладок поз. 12, поз. 15, поз. 17.
2. Подшипники качения и зубчатые венцы блоков поз. 5, поз. 7, поз. 8 смазать смазкой ЦИАТИМ–201 ГОСТ 6267–74.
3. Разводку и распайку проводки вести в соответствии со схемой электрической принципиальной и схемой монтажной.
4. При установке блока контактов поз. 2 произвести установку потенциометра держателя поз. 1 на „0" при крайнем правом (по виду Б) положении блока поз. 5. Произвести фиксацию шестерни 10 на оси потенциометра затяжкой винта поз. 28.
5. Предельный момент на рычаге поз. 14 – 3 ± 0,5 Н·м регулировать через отверстия в корпусе поз. 6 под крышкой поз. 16.
6. Винты поз. 22, 25, 26, 30, 33 ставить на эмали ХСЭ–6.

(Основная надпись форма №1 ГОСТ 2.104–68)

| Пример оформления сборочного чертежа | Лист 81 |
|---|---|

# ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ПОЛЯ ДОПУСКОВ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ВАЛОВ И ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ НОМИНАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ОТ 1 ДО 120 мм ПО СТ СЭВ 144—75

Предельные отклонения в мкм

| Интервалы размеров в мм | Поля допусков валов | | | | | | | | | | | | | Поля допусков отверстий | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g6 | h6 | js6 | k6 | n6 | p6 | r6 | s5 | f7 | h7 | e8 | h8 | d9 | h9 | d11 | h11 | H7 | Js7 | K7 | N7 | P7 | F8 | H8 | E9 | H9 | H11 |
| От 1 до 3 | −2<br>−8 | 0<br>−6 | +3,0<br>−3,0 | +6<br>0 | +10<br>+4 | +12<br>+6 | +16<br>+10 | +20<br>+14 | −6<br>−16 | 0<br>−10 | −14<br>−28 | 0<br>−14 | −20<br>−45 | 0<br>−25 | −20<br>−80 | 0<br>−60 | +10<br>0 | +5<br>−5 | 0<br>−10 | −4<br>−14 | −6<br>−16 | +20<br>+6 | +14<br>0 | +39<br>+14 | +25<br>0 | +50<br>0 |
| Св. 3 до 6 | −4<br>−12 | 0<br>−8 | +4,0<br>−4,0 | +9<br>+1 | +16<br>+8 | +20<br>+12 | +23<br>+15 | +27<br>+19 | −10<br>−22 | 0<br>−12 | −20<br>−38 | 0<br>−18 | −30<br>−60 | 0<br>−30 | −30<br>−105 | 0<br>−75 | +12<br>0 | +6<br>−6 | +3<br>−9 | −4<br>−16 | −8<br>−20 | +28<br>+10 | +18<br>0 | +50<br>+20 | +30<br>0 | +75<br>5 |
| Св. 6 до 10 | −5<br>−14 | 0<br>−9 | +4,5<br>−4,5 | +10<br>+1 | +19<br>+10 | +24<br>+15 | +28<br>+19 | +32<br>+23 | −13<br>−18 | 0<br>−15 | −25<br>−47 | 0<br>−22 | −40<br>−76 | 0<br>−38 | −40<br>−130 | 0<br>−90 | +15<br>0 | +7<br>−7 | +5<br>−10 | −4<br>−19 | −9<br>−24 | +35<br>+13 | +22<br>0 | +61<br>+25 | +36<br>0 | +90<br>0 |
| Св. 10 до 18 | −6<br>−17 | 0<br>−11 | +5,5<br>−5,5 | +12<br>+1 | +23<br>+12 | +29<br>+18 | +34<br>+23 | +39<br>+28 | −16<br>−34 | 0<br>−18 | −32<br>−59 | 0<br>−27 | −50<br>−93 | 0<br>−43 | −50<br>−160 | 0<br>−110 | +18<br>0 | +9<br>−9 | 6<br>−12 | −5<br>−23 | −11<br>−29 | +43<br>+16 | +27<br>0 | +75<br>+32 | +43<br>0 | +110<br>0 |
| Св. 18 до 30 | −7<br>−20 | 0<br>−13 | +6,5<br>−6,5 | +15<br>+2 | +28<br>+15 | +35<br>+22 | +41<br>+28 | +48<br>+35 | −20<br>−41 | 0<br>−21 | −40<br>−73 | 0<br>−33 | −55<br>−117 | 0<br>−52 | −65<br>−195 | 0<br>−130 | +21<br>0 | +10<br>−10 | +6<br>−15 | −7<br>−28 | −14<br>−35 | +53<br>+0 | +33<br>0 | +92<br>+40 | +52<br>0 | +130<br>0 |
| Св. 30 до 50 | −9<br>−25 | 0<br>−16 | +8,0<br>−8,0 | +18<br>+2 | +33<br>+17 | +42<br>+26 | +50<br>+34 | +59<br>+43 | −21<br>−50 | 0<br>−25 | −50<br>−89 | 0<br>−39 | −80<br>−142 | 0<br>−62 | −80<br>−240 | 0<br>−160 | +25<br>0 | +12<br>−12 | +7<br>−18 | −8<br>−33 | −17<br>−42 | +64<br>+25 | +39<br>0 | +112<br>+50 | +62<br>0 | +160<br>0 |
| Св. 50 до 65 | −10 | 0 | +9,5 | +21 | +39 | +51 | +60<br>+41 | +72<br>+53 | −30 | 0 | −60 | 0 | −100 | 0 | −100 | 0 | +30 | +15 | +9 | −9 | −21 | +76 | +46 | +134 | +74 | +190 |
| Св. 65 до 80 | −29 | −19 | −9,5 | +2 | 20 | +32 | +62<br>+43 | +78<br>+59 | −60 | −30 | −106 | −46 | −174 | −74 | −290 | 190 | 0 | −15 | −21 | −39 | −51 | +30 | 0 | +60 | 0 | 0 |
| Св. 80 до 100 | −12 | 0 | +11,5 | +25 | +45 | +59 | +73<br>+51 | +93<br>+71 | −36 | 0 | −72 | 0 | −120 | 0 | −120 | 0 | +35 | +17 | +10 | −10 | −24 | +190 | +54 | +159 | +87 | +220 |
| Св. 100 до 120 | −34 | −22 | −11,5 | +3 | +23 | +37 | +76<br>+54 | +101<br>+79 | −71 | −35 | −126 | −54 | −207 | −87 | −340 | −220 | 0 | −17 | −25 | −45 | −59 | +36 | 0 | +72 | 0 | 0 |

Поля допусков и предельные отклонения (мкм) отверстий для номинальных размеров менее 1 мм по СТ СЭВ 144—75

| E5 | EF5 | F5 | FG5 | G5 | H5 | Js5 | K5 | M5 | N5 | P5 | R5 | S5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| +18<br>+14 | +14<br>+10 | +10<br>+6 | +8<br>+4 | +6<br>+2 | +4<br>0 | +2<br>−2 | 0<br>−4 | −2<br>−6 | −4<br>−8 | −6<br>−10 | −10<br>−14 | −14<br>−18 |
| D6 | E6 | EF6 | F6 | FG6 | G6 | H6 | Js6 | K6 | N6 | P6 | R6 | S6 |
| +26<br>+20 | +20<br>+14 | +16<br>+10 | +12<br>+6 | +10<br>+4 | +8<br>+2 | +6<br>0 | +3<br>−3 | 0<br>−6 | −4<br>−10 | −6<br>−12 | −10<br>−16 | −14<br>−20 |
| U6 | CD7 | D7 | E7 | EF7 | F7 | FG7 | H7 | Js7 | K7 | S7 | X7 | Z7 |
| −18<br>−24 | +44<br>+34 | +30<br>+20 | +24<br>+14 | +20<br>+10 | +16<br>+6 | +14<br>+4 | +10<br>0 | +5<br>−5 | 0<br>−10 | −14<br>−24 | −20<br>−30 | −26<br>−36 |
| CD8* | D8 | E8 | EF8 | F8 | H8 | Js8 | K8 | X8 | Z8 | CD9 | D9 | E9 |
| +48<br>+34 | +34<br>+20 | +28<br>+14 | +24<br>+10 | +20<br>+6 | +14<br>0 | +7<br>−7 | 0<br>−14 | −20<br>−34 | −26<br>−40 | +59<br>+34 | +45<br>+20 | +39<br>+14 |
| EF9 | H9 | Js9* | CD10 | D10 | H10 | Js10* | H11 | Js11* | H12* | Js12* | H13* | Js13* |
| +35<br>+10 | +25<br>0 | +12<br>−12 | +74<br>+34 | +60<br>+20 | +40<br>0 | +20<br>−20 | +60<br>0 | +30<br>−30 | +100<br>0 | +50<br>−50 | +140<br>0 | +70<br>−70 |

Поля допусков и предельные отклонения (мкм) валов для номинальных размеров менее 1 мм по СТ СЭВ 144—75

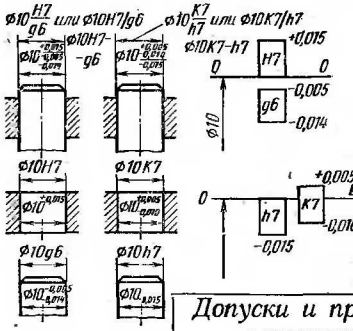
| e5 | ef5 | f5 | fg5 | g5 | h5 | js5 | k5 | m5 | n5 | p5 | r5 | s5 | d6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| −14<br>−18 | −10<br>−14 | −6<br>−10 | −4<br>−8 | −2<br>−6 | 0<br>−4 | +2<br>−2 | +4<br>0 | +6<br>+2 | +8<br>+4 | +10<br>+6 | +14<br>+10 | +18<br>+14 | −20<br>−26 |
| e6 | ef6 | f6 | fg6 | g6 | h6 | js6 | k6 | m6 | n6 | p6 | r6 | s6 | u6 | z6 |
| −14<br>−20 | −10<br>−16 | −6<br>−12 | −4<br>−10 | −2<br>−8 | 0<br>−6 | +3<br>−3 | +6<br>0 | +10<br>+4 | +12<br>+6 | +16<br>+10 | +20<br>+14 | +24<br>+18 | +32<br>+26 |
| cd7 | d7 | e7 | ef7 | f7 | fg7 | h7 | js7 | k7 | s7 | x7 | t7 | cd8 | d8 |
| −34<br>−44 | −20<br>−30 | −14<br>−24 | −10<br>−20 | −6<br>−16 | −4<br>−14 | 0<br>−10 | +5<br>−5 | +10<br>0 | +24<br>+14 | +30<br>+20 | +36<br>+26 | −34<br>−48 | −20<br>−34 |
| e8 | ef8 | f8 | h8 | js8 | k8 | x8 | z8 | cd9 | d9 | e9 | ef9 | h9 | js9* |
| −14<br>−28 | −10<br>−24 | −6<br>−20 | 0<br>−14 | +7<br>−7 | +14<br>0 | +34<br>+20 | +40<br>+26 | −34<br>−59 | −20<br>−45 | −14<br>−39 | −10<br>−35 | 0<br>−25 | +12<br>−12 |
| cd10 | d10 | h10 | js10* | k10* | h11* | js11 | h12* | js12 | h13* | js13 | | | |
| −34<br>−74 | −20<br>−60 | 0<br>−40 | +20<br>−20 | +40<br>0 | 0<br>−60 | +30<br>−30 | 0<br>−100 | +50<br>−50 | 0<br>−140 | +70<br>−70 | — | — | — |

* Поля допусков, как правило, не предназначенные для посадок.

# ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОСАДОК* (ПО СТ СЭВ 144—75)

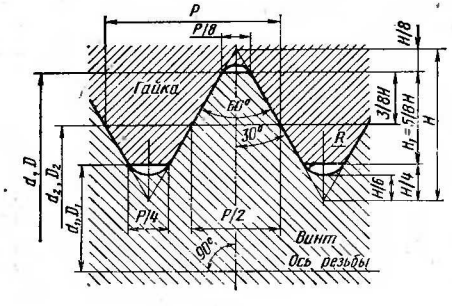
| Характер соединения | Рекомендуемые посадки: Система отверстия | Рекомендуемые посадки: Система вала |
|---|---|---|
| Медленные перемещения и поворот деталей для установки, регулировки центрирования и т. д. | **С зазором**<br>точные<br>H7/h6 H7/g6 H8/h8 H9/h9 H8/h7 | H7/h6 H8/h8 H9/h9 |
| | грубые<br>H11/h11 H12/h12 | H11/h11 H12/h12 |
| Вращение валов в опорах скольжения<br>Соединения, в которых требуется относительно большой зазор | H7/f7 H7/e7 H8/e8 H8/d9 | F8/h8 F9/h9 F8/h6 |
| | H9/d9 H11/c11 H11/d11 H11/b11 | D11/h12 F9/h8 |
| | H12/b12 H7/e8 | |
| Неподвижные соединения с применением фиксирующих устройств, разбираемые для осмотра, ремонта, замены деталей и т. п.<br>Соединения для обеспечения хорошего центрирования деталей | **Переходные**<br>H6/k5 H6/js5 H6/m5 H6/n5 | Js6/h6 K6/h5 M6/h5 N6/h5 |
| | H7/js6 H7/k6 H7/m6 H7/n6 | Js7/h6 K7/h6 M7/h6 N7/h6 |
| | H8/js7 H8/k7 H8/m7 H8/n7 | Js8/h7 K8/h7 M8/h7 N8/h7 |
| Неподвижные соединения, как правило, не подлежащие разъему | **С натягами**<br>H6/p5 H6/r6 H7/p6 H7/r6 H7/s6 | P6/h5 P7/h6 R7/h6 |

* В рамках посадки предпочтительного применения.




*Допуски и предельные отклонения по СТ СЭВ 144—75*

*Лист 82*




## РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ. ДИАМЕТРЫ И ШАГИ ПО СТ СЭВ 181—75

Размеры в мм

| Номинальный диаметр | Шаги P | | Номинальный диаметр | Шаги P | |
|---|---|---|---|---|---|
| | крупный | мелкий | | крупный | мелкий |
| **1-й ряд *** | | | **2-й ряд** | | |
| 0,25 | 0,075 | — | 0,35 | 0,09 | — |
| 0,3 | 0,08 | — | 0,45 | 0,1 | — |
| 0,4 | 0,1 | — | 0,55 | 0,125 | — |
| 0,5 | 0,125 | — | 0,7 | 0,175 | — |
| 0,6 | 0,15 | — | 0,9 | 0,225 | — |
| 0,8 | 0,2 | — | 1,1 | 0,25 | 0,2 |
| 1; 1,2 | 0,25 | 0,2 | 1,4 | 0,3 | 0,2 |
| 1,6 | 0,35 | 0,2 | 1,8 | 0,35 | 0,2 |
| 2 | 0,4 | 0,25 | 2,2 | 0,45 | 0,25 |
| 2,5 | 0,45 | 0,35 | 3,5 | (0,6) | 0,35 |
| 3 | 0,5 | 0,35 | 4,5 | (0,75) | 0,5 |
| 4 | 0,7 | 0,5 | | | |
| 5 | 0,8 | 0,5 | **3-й ряд** | | |
| 6 | 1 | 0,75; 0,5 | (5,5) | — | 0,5 |
| 8 | 1,125 | 1; 0,75; 0,5 | 7 | — | 1; 0,75; 0,5 |
| 10 | 1,5 | 1,25; 1; 0,75; 0,5 | 9 | — | (1,25); 1; 0,75; 0,5 |

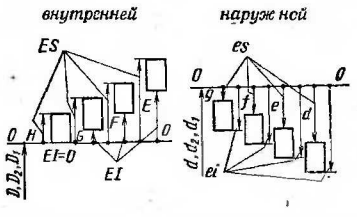
* Ряд предпочтительности.

## СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ БОЛТОВ И ГАЕК ПО ГОСТ 640—77

| Диаметр резьбы | | Степень точности | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Болта | Наружный | — | 4 | — | 6 | — | 8 | — | — |
| | Средний | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 * |
| Гайки | Внутренний | — | — | 5 | 6 | 7 | — | — | — |
| | Средний | — | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 * | — |

* Только для резьб на деталях из пластмасс.

**Поля допусков метрической резьбы:**




## ПОЛЯ ДОПУСКОВ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ (ПО СТ СЭВ 640—77)

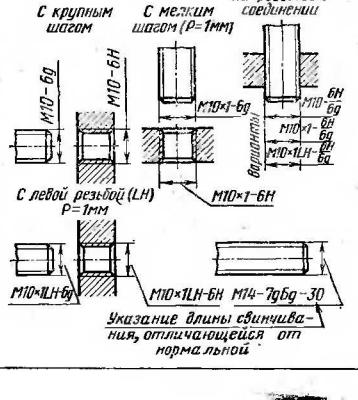
| Класс точности | Длины свинчивания | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S (малые) | | N (нормальные) | | | L (большие) | | |
| | Поле допуска резьбы болта | | | | | | | |
| Точный | — | (3h4h) | — | 4g | 4h | — | — | (5h4h) |
| Средний | (5g6g) | (5h6h) | 6e | 6g | 6h | (7e6e) | (7g6g) | (7h6h) |
| Грубый | — | — | — | 8g | — | — | (9g8g) | — |

## ПОЛЯ ДОПУСКОВ ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБЫ (ПО СТ СЭВ 640—77)

| Класс точности | Длины свинчивания | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | S (малые) | | N (нормальные) | | L (большие) | |
| | Поле допуска отклонения резьбы гайки | | | | | |
| Точный | — | 4H | — | 5H | — | 6H |
| Средний | (5G) | 5H | 6G | 6H | (7G) | 7H |
| Грубый | — | — | 7G | 7H | (8G) | 8H |

Примечания:
1. Поля допусков, заключенные в рамки, следует применять предпочтительно.
2. Применение полей допусков, заключенных в скобки, следует по возможности ограничить.
3. При длинах свинчивания S и L допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания N.

**Примеры обозначении метрических резьб на чертежах**




## ДЛИНЫ СВИНЧИВАНИЯ

Размеры в мм

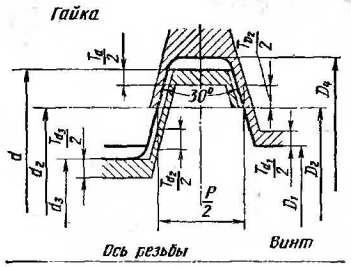
| Номинальный диаметр резьбы d | Шаг резьбы P | Обозначение длин свинчивания | | |
|---|---|---|---|---|
| | | S (малые) | N (нормальные) | L (большие) |
| От 1 до 1,4 | 0,2<br>0,25<br>0,3 | До 0,5<br>» 0,6<br>» 0,7 | Св. 0,5 до 1,4<br>» 0,6 » 1,7<br>» 0,7 » 2 | Св. 1,4<br>» 1,7<br>» 2 |
| Св. 1,4 до 2,8 | 0,2<br>0,25<br>0,35<br>0,4<br>0,45 | До 0,5<br>» 0,6<br>» 0,8<br>» 1<br>» 1,3 | Св. 0,5 до 1,5<br>» 0,6 » 1,9<br>» 0,8 » 2,6<br>» 1 » 3<br>» 1,3 » 3,8 | Св. 1,5<br>» 1,9<br>» 2,6<br>» 3<br>» 3,8 |
| Св. 2,8 до 5,5 | 0,25<br>0,35<br>0,5<br>0,6<br>0,7<br>0,75<br>0,8 | До 0,7<br>» 1<br>» 1,5<br>» 1,7<br>» 2<br>» 2,2<br>» 2,5 | Св. 0,7 до 2,1<br>» 1 » 3<br>» 1,5 » 4,5<br>» 1,7 » 5<br>» 2 » 6<br>» 2,2 » 6,7<br>» 2,5 » 7,5 | Св. 2,1<br>» 3<br>» 4,5<br>» 5<br>» 6<br>» 6,7<br>» 7,5 |
| Св. 6,6 до 11,2 | 0,25<br>0,35<br>0,5<br>0,75<br>1<br>1,25<br>1,5 | До 0,8<br>» 1,1<br>» 1,6<br>» 2,4<br>» 3<br>» 4<br>» 5 | Св. 0,8 до 2,4<br>» 1,1 » 3,4<br>» 1,6 » 4,7<br>» 2,4 » 7,1<br>» 3 » 9<br>» 4 » 12<br>» 5 » 15 | Св. 2,4<br>» 3,4<br>» 4,7<br>» 7,1<br>» 9<br>» 12<br>» 15 |

## РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ. ДИАМЕТРЫ И ШАГИ ПО СТ СЭВ 183—73 *

Размеры в мм

| Номинальный диаметр резьбы d | Шаг P |
|---|---|
| **1-й ряд**<br>3,5; 24; 27; 30; 33 | 0,5 |
| 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8 | 0,35; 0,25 |
| 9; 10; 11; 12 | 0,35 |
| 15; 17; 25; 28; 36; 39; 42; 45; 52; 56; 60 | 0,75; 0,5 |
| **2-й ряд**<br>6,5; 7,5 | 0,75; 0,5; 0,35<br>0,25 |
| 8,5; 10; 11; 53; 54; 57; 59 | 1; 0,75; 0,5 |
| 9,5 | 1; 0,75; 0,5; 0,35 |

* Стандарт применяется в случае, когда диаметры и шаги резьб по СТ СЭВ 181—75 не могут удовлетворить функциональным и конструктивным требованиям.




## ДИАМЕТРЫ И ШАГИ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ РЕЗЬБЫ

Размеры в мм

| Шаг $P$ | Винт | | Винт и гайка | Гайка | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Диаметр резьбы | | | | |
| | наружный $d$ | внутренний $d_3$ | средний $d_2 = D_2$ | наружный $D_4$ | внутренний $D_1$ |
| 1,5 | 8 | $d - 1,8$ | $d - 0,75$ | $d + 0,3$ | $d - 1,5$ |
| 2,0 | 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28 | $d - 2,5$ | $d - 1$ | $d + 0,5$ | $d - 2$ |
| 3,0 | 10; 12; 14; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 55; 60 | $d - 3,5$ | $d - 1,5$ | $d + 0,5$ | $d - 3$ |

## РЯДЫ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОСТИ ДИАМЕТРОВ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫХ РЕЗЬБ

| Ряд * | Диаметр, мм |
|---|---|
| 1 | 8; 10; 12; 16; 20; 26; 32; 40; 50; 60; 80; 100; 120 |
| 2 | 14; 18; 22; 28; 36; 44; 48; 52; 55; 70; 110; 140 |
| 3 | 24; 30; 34; 38; 42; 46; 65; 75; 85; 95; 130; 150 |

* При выборе диаметров резьб следует предпочитать 1-й ряд 2-му, 2-й ряд 3-му.

## ДЛИНЫ СВИНЧИВАНИЯ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫХ РЕЗЬБ

Размеры в мм

| Шаг $P$ | Номинальный диаметр резьбы | Длина свинчивания | |
|---|---|---|---|
| | | $N$ | $L$ |
| 1,5 | Св. 5,6 до 11,2 | Св. 5 до 15 | Св. 15 |
| 2 | Св. 5,6 до 11,2 | Св. 6 до 19 | Св. 19 |
| | » 11,2 » 22,4 | » 8 » 24 | » 24 |
| | » 22,4 » 45 | » 8 » 25 | » 25 |
| 3 | Св. 5,6 до 11,2 | Св. 10 до 28 | Св. 28 |
| | » 11,2 » 22,4 | » 11 » 32 | » 32 |
| | » 22,4 » 45 | » 12 » 36 | » 36 |
| | » 45 » 90 | » 15 » 45 | » 45 |

## ОСНОВНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ДИАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ И СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ПО СТ СЭВ 836—78

| Диаметр резьбы | | Отклонение | Степень точности |
|---|---|---|---|
| Винта | Наружный $d$ | $h$ | 4; 6 |
| | Средний $d_2$ | $c$, $e$, $g$, $h$ | 6; 7; 8; 9 |
| | Внутренний $d_3$ | $h$ | 6; 7; 8; 9 |
| Гайки | Наружный $D_4$ | $H$ | — |
| | Средний $D_2$ | $H$ | 6; 7; 8; 9 |
| | Внутренний $D_1$ | $H$ | 4 |

Примечания:
1. 6-ю степень точности наружного диаметра следует применять только для резьб, изготовляемых накатыванием.
2. Степень точности внутреннего диаметра винта должна соответствовать степени точности его среднего диаметра.

## ПОЛЯ ДОПУСКОВ РЕЗЬБЫ ДЛЯ ВИНТОВ И ГАЕК ПО СТ СЭВ 836—78

| Класс точности | Винт | | Гайка | |
|---|---|---|---|---|
| | Длина свинчивания | | | |
| | $N$ | $L$ | $N$ | $L$ |
| | Поле допуска | | | |
| Точный | 6g; 6h | 7g | 6H | 7H |
| Средний | 7e; 7g | 8e | 7H | 8H |
| Грубый | 8e; 8c | 9c | 8H | 9H |

Примечания:
1. При повышенных требованиях к точности для длин свинчивания группы допускается назначать поля допусков, установленные для нормальных длин свинчивания.
2. Если длина свинчивания неизвестная, то должны назначаться поли допусков, установленные для нормальных длин свинчивания.

## ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ДИАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ ГАЕК

| Шаг $P$ в мм | Номинальный диаметр резьбы в мм | Поле допуска | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7H | | 8H | | 9H | |
| | | Предельное отклонение в мкм | | | | | |
| | | верхнее * | | верхнее * | | верхнее * | |
| | | $D_2$ | $D_1$ | $D_2$ | $D$ | $D_2$ | $D_1$ |
| 1,5 | Св. 5,6 до 11,2 | +224 | +190 | +280 | +190 | +335 | +190 |
| 2 | Св. 5,6 до 11,2 | +250 | | +315 | | +400 | |
| | Св. 11,2 до 22,4 | +265 | +236 | +335 | +236 | +425 | +236 |
| | Св. 22,4 до 45 | +280 | | +335 | | +450 | |
| 3 | Св. 5,6 до 11,2 | +280 | | +355 | | +450 | |
| | Св. 11,2 до 22,4 | +300 | +315 | +375 | +315 | +475 | +315 |
| | Св. 22,4 до 45 | +335 | | +425 | | +530 | |

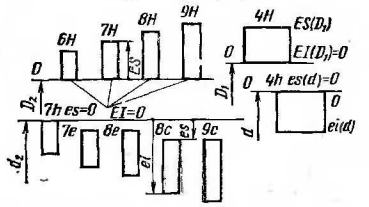
* Нижнее отклонение диаметров $D_1$, $D_2$ равно нулю.

## ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ДИАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ ВИНТОВ ПО СТ СЭВ 836—78

| Шаг $P$ в мм | Номинальный диаметр резьбы в мм | Поле допуска | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7e | | | | 8c | | | | 8e | | | | 9c | | | | | |
| | | Предельное отклонение в мкм | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Верхнее | Нижнее * | | | Верхнее | Нижнее * | | | Верхнее | Нижнее * | | | Верхнее | Нижнее * | | | | |
| | | $d_2$ | $d$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_2$ | $d$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_2$ | $d$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_2$ | $d$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_2$ | $d$ | $d_2$ | $d_3$ |
| 1,5 | Св. 5,6 до 11,2 | —67 | —150 | —237 | —279 | —140 | —150 | —352 | —405 | —67 | —150 | —279 | —332 | —140 | —150 | —405 | —471 | | | | |
| 2 | Св. 5,6 до 11,2 | —71 | —180 | —261 | —309 | —150 | —180 | —386 | —445 | —71 | —180 | —307 | —366 | —150 | —180 | —450 | —525 | | | | |
| | » 11,2 » 22,4 | | | —271 | —321 | | | —400 | —462 | | | —321 | —383 | | | —465 | —544 | | | | |
| | » 22,4 » 45 | | | —283 | —336 | | | —415 | —481 | | | —336 | —402 | | | —485 | —569 | | | | |
| 3 | Св. 5,6 до 11,2 | —85 | —236 | —297 | —350 | —170 | —236 | —435 | —501 | —85 | —236 | —350 | —416 | —170 | —236 | —505 | —589 | | | | |
| | » 11,2 » 22,4 | | | —309 | —365 | | | —450 | —520 | | | —365 | —435 | | | —525 | —614 | | | | |
| | » 22,4 » 45 | | | —335 | —397 | | | —485 | —564 | | | —400 | —479 | | | —570 | —670 | | | | |
| | » 45 » 90 | | | —350 | —416 | | | —505 | —589 | | | —420 | —504 | | | —595 | —701 | | | | |

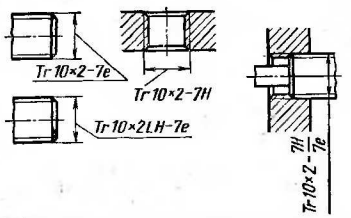
* Верхнее отклонение для диаметров $d$, $d_3$ равно нулю.

### Схемы расположения полей допусков на диаметры резьбы




*ES* — верхнее отклонение диаметра внутренней резьбы;
*EI* — нижнее отклонение диаметра внутренней резьбы;
*es* — верхнее отклонение диаметра наружной резьбы;
*ei* — нижнее отклонение диаметра наружной резьбы.

### Примеры обозначения трапецеидальных резьб на чертежах




Обозначение точности резьбы включает только обозначение поля допуска среднего диаметра, состоящего из цифры степени точности и буквы основного отклонения. Оно следует за обозначением размера резьбы, например, 7h, 7e, 8c, 7H и др.

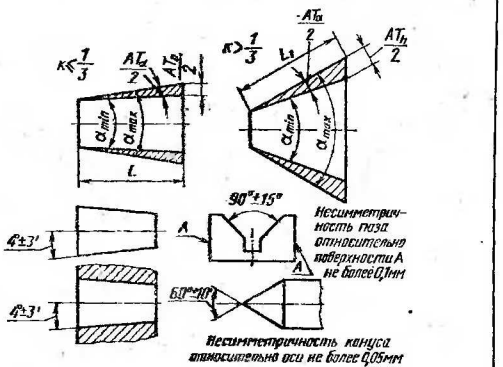
В обозначение точности резьбы вводится поле допуска наружного диаметра винта только, если оно принимается 6h, например, $T_r 10 \times 2 - 7e6h$.

Посадка в резьбовом соединении обозначается дробью. В числителе — обозначение поля допуска внутренней резьбы, а в знаменателе — наружной.

## УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ

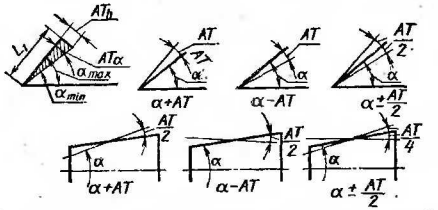
### Нормальные конусности общего назначения

| Конусность $K$ | Угол наклона | Примеры применения |
|---|---|---|
| 1 : 200 | 0° 8′ 36″ | **Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям и ударной (конусность 1 : 200) и спокойной переменной (конусность 1 : 100) нагрузке. Конические оправки** |
| 1 : 50 | 0° 31′ 24″ | **Конические штифты, установочные шпильки, развертки под конические штифты, концы насадных рукояток** |
| 1 : 15 | 1° 54′ 33″ | **Конические соединения деталей, воспринимающих осевые нагрузки. Посадочные места для зубчатых колес, шпинделей** |
| 1 : 12 | 2° 23′ 9″ | **Конус Морзе (ГОСТ 14034—74)** |
| 1 : 10 | 2° 51′ 45″ | **Конические соединения деталей при радиальных и осевых нагрузках. Соединительные муфты. Конусы инструментов** |
| 1 : 5 | 5° 42′ 38″ | **Легкоразъединяемые соединения деталей. Конические цапфы. Фрикционные муфты** |
| 1 : 1,866 | 15° | **Фрикционные муфты приводов. Зажимные цанги** |
| 1 : 0,866 | 30° | **Центры станков и центровые отверстия** |
| 1 : 0,5 | 45° | **Потайные головки заклепок диаметром 1 ... 10 мм (ГОСТ 10300—68, ГОСТ 14798—75), потайные головки винтов. Фаски валов, осей, пальцев и др.** |
| 1 : 0,289 | 60° | **Полупотайные головки заклепок диаметром 2 ... 5 мм (ГОСТ 10301—68). Фаски резьбовых отверстий, наружные фаски гаек и головок винтов** |




## ДОПУСКИ НА УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ ПО СТ СЭВ 178—75

| Интервал длин $L$ в мм | Степень точности | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | Значение допуска АТ | | | | | | | | |
| До 10 | 1′ | 1′ 40″ | 2′ 30″ | 4′ | 6′ | 10′ | 16′ | 26′ | 40′ |
| Св. 10 до 16 | 50″ | 1′ 20″ | 2′ | 3′ | 5′ | 8′ | 12′ | 20′ | 32′ |
| Св. 16 до 25 | 40″ | 1′ | 1′ 40″ | 2′ 30″ | 4′ | 6′ | 10′ | 16′ | 26′ |
| Св. 25 до 40 | 32″ | 50″ | 1′ 20″ | 2′ | 3′ | 5′ | 8′ | 12′ | 20′ |
| Св. 40 до 63 | 26″ | 40″ | 1′ | 1′ 40″ | 2′ 30″ | 4′ | 6′ | 10′ | 16′ |
| Св. 63 до 100 | 20″ | 32″ | 50″ | 1′ 20″ | 2′ | 3′ | 5′ | 8′ | 12′ |




АТ — допуск угла — разность между наибольшим и наименьшим предельными углами.

Допуски углов конусов с конусностью не более 1 : 3 должны назначаться в зависимости от номинальной длины конуса $L$, а с конусностью более 1 : 3 — в зависимости от длины образующей $L_1$ конуса должны назначаться в зависимости от длины меньшей стороны угла.

Допуски углов могут быть расположены в плюсовую сторону, в минусовую сторону или симметрично относительно номинального угла $\alpha$.

## ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

### Рекомендуемые значения параметров шероховатости для разных квалитетов

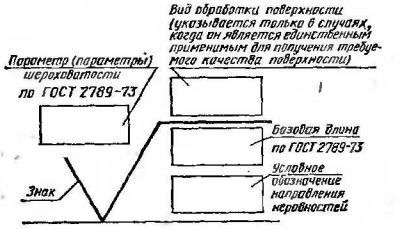
| Квалитет (СТ СЭВ 145—75) | Значение параметра $Ra$ в мкм | | | Класс шероховатости |
|---|---|---|---|---|
| | Номинальный размер в мм | | | |
| | 1 ... 10 | 10 ... 30 | 30 ... 80 | |
| 5 | 0,32 ... 0,08 * | | 0,63 ... 0,16 | 8 ... 10 |
| 6, 7 | 0,63 ... 0,16 | 1,25 ... 0,32 | | 7 ... 9 |
| 8 ... 10 | 1,25 ... 0,32 | 1,25 ... 0,63 | 2,5 ... 1,25 | 6 ... 8 |
| 11 | 2,5 ... 1,25 | | 20 ** ... 40 ** | 5 ... 6 |
| 12, 13 | 20 ** ... 40 ** | | 40 ** ... 20 ** | 4 ... 5 |

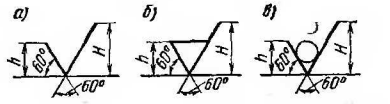
* Промежуточные значения для $Ra$ следует выбирать из ГОСТ 2789—73.

** Указаны значения $Rz$. Промежуточные значения следует выбирать из ГОСТ 2789—73.

## ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

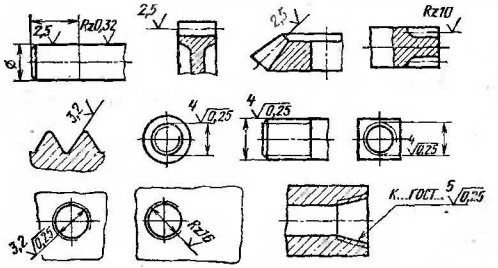
### Структура обозначения шероховатости поверхности




Знаки обозначения шероховатости поверхности: *а* — вид обработки поверхности не устанавливается, *б* — поверхность получается удалением слоя материала (точением, фрезерованием и т. п.), *в* — поверхность получается без удаления слоя материала (литьем, объемной штамповкой и т. п.)

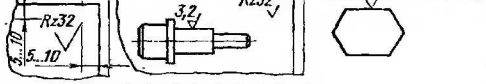
$H = (1{,}5 \ldots 3)\,h$ примерно равно высоте цифр размерных чисел







*а, б* — размещение знаков шероховатости, имеющих полку; *в* — расположение знака, не имеющего полки




### Классы шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—73 (из приложения 1)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Параметры шероховатости в мкм | | | | | | | | | | | | | |
| *Rz* | | | | | *Ra* | | | | | | | *Rz* | |
| От 320 до 160 | От 160 до 80 | От 80 до 40 | От 40 до 20 | От 20 до 10 | От 2,50 до 1,25 | От 1,25 до 0,63 | От 0,63 до 0,32 | От 0,32 до 0,16 | От 0,16 до 0,08 | От 0,08 до 0,04 | От 0,04 до 0,02 | От 0,10 до 0,05 | От 0,050 до 0,025 |

*Угловые размеры. Шероховатость поверхности* — Лист 85

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ПО СТ СЭВ 368—76)

| Допуск формы | Знак | Допуск расположения | Знак |
|---|---|---|---|
| Заданного профиля | ⌒ | Параллельности | // |
| Заданной поверхности | ⌓ | Перпендикулярности | ⊥ |
| Прямолинейности | — | Наклона | ∠ |
| Плоскостности | ▱ | Соосности | ◎ |
| Круглости | ○ | Симметричности | ⌯ |
| Цилиндричности | ⌭ | Позиционный допуск | ⌖ |
| Профиля продольного сечения | ⌒ | Пересечения осей | × |
| | | Радиального или торцового биения и биения в заданном направлении | ↗ |
| | | Полного радиального или торцового биения | ⌰ |

## ДОПУСКИ ПЛОСКОСТНОСТИ И ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ (ПО СТ СЭВ 636—77)

| Интервалы номинальных размеров в мм | Степень точности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Допуск в мкм | | | | | | | | | | | |
| До 10 | 0,25 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| Св. 10 до 16 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 |
| » 16 » 25 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 26 | 40 | 60 |
| » 25 » 40 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 40 » 63 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| Св. 63 до 100 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцовой поверхности.

## ДОПУСКИ ЦИЛИНДРИЧНОСТИ, КРУГЛОСТИ, ПРОФИЛЯ ПРОДОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ (ПО СТ СЭВ 636—77)

| Интервалы номинальных размеров в мм | Степень точности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Допуск в мкм | | | | | | | | | | | |
| До 3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 |
| Св. 3 до 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| » 10 » 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 18 » 30 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 30 » 50 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| Св. 50 до 120 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальный диаметр поверхности.

## ДОПУСКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ, НАКЛОНА, ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ И ПОЛНОГО ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ (ПО СТ СЭВ 636—77)

| Интервалы номинальных размеров в мм | Степень точности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Допуск в мкм | | | | | | | | | | | |
| До 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| Св. 10 до 16 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 16 » 25 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 25 » 40 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| » 40 » 63 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |
| Св. 63 » 100 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 | 200 |

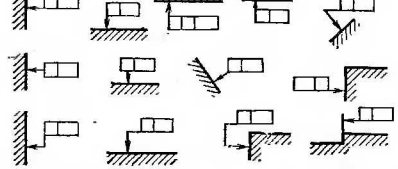
Примечание. При назначении допусков параллельности, перпендикулярности, наклона под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей рассматриваемой поверхности (для допуска параллельности номинальная длина большей стороны), если нормируемый участок не задан.

При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр или номинальный больший диаметр торцовой поверхности. При назначении допусков полного торцового биения под номинальным размером понимается номинальный больший диаметр рассматриваемой торцовой поверхности.

## ДОПУСКИ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ И ПОЛНОГО РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ. ДОПУСКИ СООСНОСТИ, СИММЕТРИЧНОСТИ, ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ОСЕЙ В ДИАМЕТРАЛЬНОМ ВЫРАЖЕНИИ (ПО СТ СЭВ 636—77)

| Интервалы номинальных размеров в мм | Степень точности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Допуск в мкм | | | | | | | | | | | |
| До 3 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| Св. 3 до 10 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |
| » 10 » 18 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 | 200 |
| » 18 » 30 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 | 250 |
| » 30 » 50 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 | 200 | 300 |

Примечание. При назначении допусков радиального биения и полного радиального биения допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент. Если база не указывается, то допуск определяется по элементу с большим размером.



## ДОПУСКИ СООСНОСТИ, СИММЕТРИЧНОСТИ И ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ОСЕЙ В РАДИУСНОМ ВЫРАЖЕНИИ (ПО СТ СЭВ 636—77)

| Интервалы номинальных размеров в мм | Степень точности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | Допуск в мкм | | | | | | | | | | | |
| До 3 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| Св. 3 до 10 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 10 » 18 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 18 » 30 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| » 30 » 50 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент. Если база не указывается, то допуск определяется по элементу с большим размером.

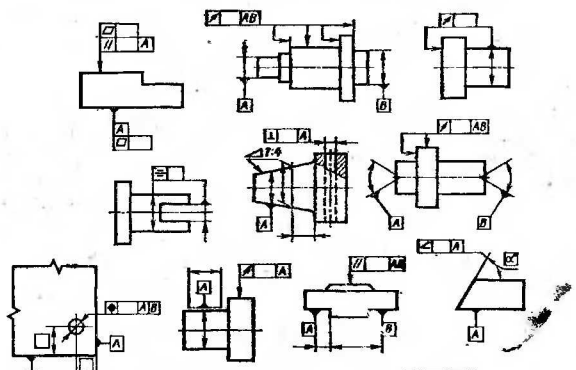
## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ДОПУСКАМИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ И ДОПУСКОМ РАЗМЕРА

1. Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения плоскостности, прямолинейности и параллельности назначаются в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. Исключением являются поверхности несопрягаемых или легкодеформируемых элементов. В этих случаях допуск формы или расположения может и не быть составной частью допуска размера, а его числовое значение может превышать допуск размера.

2. Рекомендуются следующие уровни относительной геометрической точности, характеризуемые соотношением между допуском формы или расположения, и допуском размера:

*A* — нормальная (для допуска формы или расположения используется примерно 60 % от допуска размера), *B* — повышенная (используется примерно 40 % от допуска размера) и *C* — высокая (используется примерно 25 % от допуска размера). Указанные уровни относительно геометрической точности в обоснованных случаях допускается назначать менее 25 % от допуска размера (см. информационное приложение к СТ СЭВ 636—77).

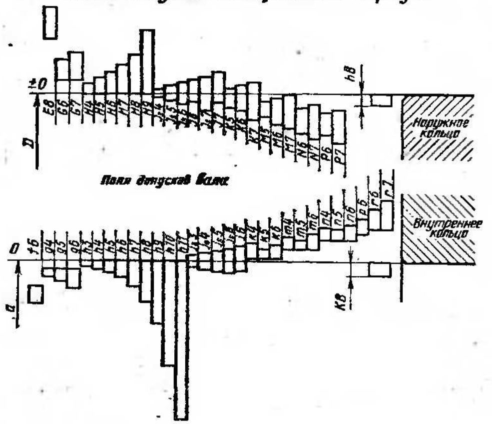
## НАНЕСЕНИЕ УСЛОВНЫХ ЗНАКОВ НА ЧЕРТЕЖАХ ПО СТ СЭВ 368—76



*Нормирование погрешн... поверхностей ...лей*

## Поля допусков при посадке подшипников на вал и в корпус

*Поля допусков отверстия в корпусе*




## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОЛЯ ДОПУСКОВ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСАХ * ДЛЯ УСТАНОВКИ В НИХ РАДИАЛЬНЫХ И РАДИАЛЬНО-УПОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ (ПО СТ СЭВ 778—77)

| Условия, определяющие выбор поля допуска | | Рекомендуемые поля допусков в зависимости от класса точности подшипника | | | Примеры применения |
|---|---|---|---|---|---|
| Вид нагружения | Режим работы | P0 и P6 | P5 и P4 | P2 | |
| Циркуляционное нагружение наружного кольца (вращающийся корпус) | Нормальный или тяжелый $0{,}07C < P \leqslant 0{,}15C$ * | $J7$, $N7$ | $N6$ | — | Подшипниковые узлы общего назначения, ролики лентопротяжных механизмов и т. п. |
| Колебательное нагружение (вращающийся корпус) | Нормальный или тяжелый $0{,}07C < P \leqslant 0{,}15\ C$ | $K6$; $J_s6$ ($J6$), $M6$ | $M6$; $J_s6$ ($J6$), $M5$ | $M5$ | Электродвигатели, точные узлы и т. п. |
| Местное нагружение наружного кольца (вращающийся вал) | Тяжелый или нормальный $0{,}07C < P \leqslant 0{,}15\ C$ | $J_s7$ ($J7$) | $J_s6$ ($J6$) | — | Электродвигатели и др. |
| | Нормальный или легкий $0{,}07 < P \leqslant 0{,}15\ C$ | $H8$; $G7$ | — | — | Валики лентопротяжных механизмов |

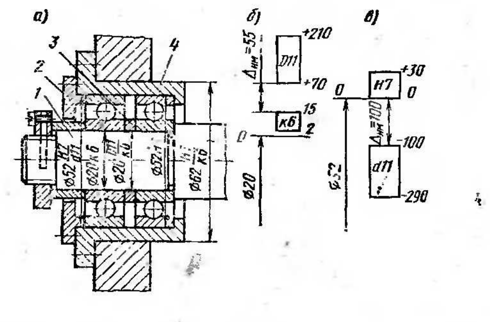
...рпус цельный.
...эквивалентная нагрузка; $C$ — динамическая грузоподъем-...

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОЛЯ ДОПУСКОВ ВАЛОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ НА НИХ РАДИАЛЬНЫХ И РАДИАЛЬНО-УПОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ С ДИАМЕТРАМИ ОТВЕРСТИЙ ДО 100 мм (ПО СТ СЭВ 773—77)

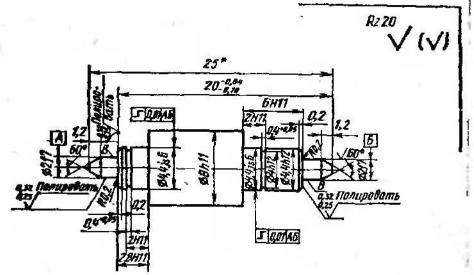
| Условия, определяющие выбор поля допуска | | Рекомендуемые поля допусков в зависимости от класса точности подшипника | | | Примеры применения |
|---|---|---|---|---|---|
| Вид нагружения | Режим работы | P0 и P6 | P5 и P4 | P2 | |
| Местное нагружение внутреннего кольца (вращающийся корпус) | Легкий и нормальный; требуется осевое перемещение внутреннего кольца на валу $P \leqslant 0{,}07C$ * | $g6$ ($h6$) | ($g5$) $h5$, $g4$ | — | Ролики лентопротяжных механизмов, барабаны самописцев и т. п. |
| Циркуляционное нагружение (вращающийся вал) | Легкий или нормальный $0{,}07C < P \leqslant 0{,}15C$ | $k6$, $j_s6$ $h6$ | $k5$ $j_s5$ ($js$) | $j_s4$; $j_s3$ $h3$, $k4$ $h4$ | Гиромоторы и малогабаритные электроприборы, редукторы и т. п. |

* $P$ — эквивалентная нагрузка; $C$ — динамическая грузоподъемность.

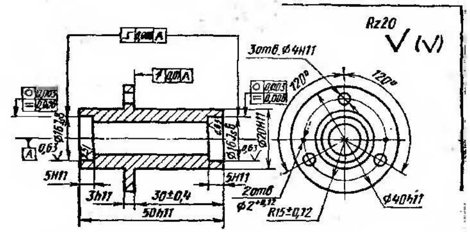
## Простановка посадок на соединениях узла подшипника качения



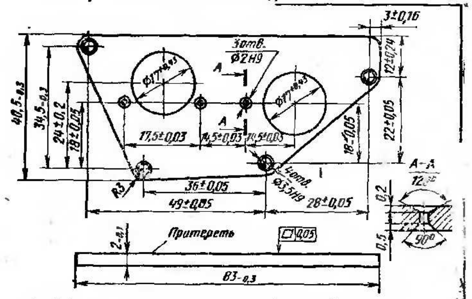

*а* — узел подшипника; *б* — схема расположения полей допусков комбинированной посадки $\varnothing\ 20\ \dfrac{D11}{k6}$ в соединении вала *1* с распорным кольцом *3*, *в* — схема расположения полей допусков комбинированной посадки в соединении стакана *4* с крышкой *2*




1. Твердость HB52
2. Неуказанные предельные отклонения ±1/2 допуска 16-го квалитета (СТ СЭВ 145-75)
3. Некруглость поверхностей В не более 0,003мм
4. Отклонение профиля продольного сечения поверхностей В не более 0,004 мм
5. Покрытие - хим. окс.



1. Отклонение центрального угла между осями любых двух отверстий не более ±40'
2. Покрытие - ан. окс.
3. Материал - алюминиевый сплав Д16Т




1. Поверхность править рифленой плитой
2. Инструмент для сверления отверстий согласовать с инструментом для верхней платы
3. Покрытие - хим. пас.
4. Материал Л68

*Посадки подшипников качения.*

*Примеры рабочих чертежей деталей*